

Sistem dan Manajemen Pemeliharaan

(Maintenance: System and Management)



Ignatius Deradjad Pranowo

**Sistem dan
Manajemen Pemeliharaan**
(Maintenance: System and Management)

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Sistem dan Manajemen Pemeliharaan

(Maintenance: System and Management)

Ignatius Deradjad Pranowo, M.Eng.

**SISTEM DAN MANAJEMEN PEMELIHARAAN
(MAINTENANCE: SYSTEM AND MANAGEMENT)**

Ignatius Deradjad Pranowo

Desain cover
Dwi Novidiantoko

Sumber
<https://www.freepik.com>

Tata letak :
Titis Yuliyanti

Ukuran :
x, 183 hlm, Uk: 15.5x23 cm

ISBN :
978-623-209-993-7

Cetakan Pertama:
Agustus 2019

Hak Cipta 2019, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2019 by Deepublish Publisher
All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT DEEPUBLISH
(Grup Penerbitan CV BUDI UTAMA)
Anggota IKAPI (076/DIY/2012)

Jl.Rajawali, G. Elang 6, No 3, Drono, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman
Jl.Kaliurang Km.9,3 – Yogyakarta 55581
Telp/Faks: (0274) 4533427
Website: www.deepublish.co.id
www.penerbitdeepublish.com
E-mail: cs@deepublish.co.id

PRAKATA

Puji dan syukur bahwa buku ini akhirnya selesai dan semua ini tentunya hanya karena berkat dan rahmat Tuhan. Syukur atas anugerah gagasan dan ketekunan sehingga naskah ini dapat terwujud dan diterbitkan.

Dengan segala kerendahan hati, Penulis akhirnya dapat menyampaikan buku ajar berjudul *Sistem dan Manajemen Pemeliharaan (Maintenance: System and Management)* ke hadapan para pembaca sekalian. Pokok bahasan dalam buku ini mungkin bukan suatu hal yang baru. Namun meyakini bahwa masih banyak kebutuhan akan pembahasan topik manajemen pemeliharaan terbitan edisi Indonesia, maka Penulis ingin turut berpartisipasi memenuhi kebutuhan tersebut. Buku ini terdiri dari dua bagian, bagian pertama materi mengenai sistem pemeliharaan, sedangkan pada bagian kedua materi mengenai manajemen pemeliharaan. Penyajian materi dalam tulisan ini diupayakan sesederhana mungkin agar memudahkan pembaca untuk menyerap secara optimal.

Penulis berharap buku ini dapat memenuhi kebutuhan pembaca akan pemahaman seputar sistem dan manajemen pemeliharaan, serta menambah khazanah terkait materi pemeliharaan. Penulis sangat berharap semoga buku ini dapat menambah perbendaharaan ilmu pengetahuan di Indonesia dalam bidang pemeliharaan.

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
BAGIAN PERTAMA: SISTEM PEMELIHARAAN.....	1
1. Konsep Pemeliharaan	2
2. Keandalan dan Kerusakan	19
3. Efisiensi Pemeliharaan	24
4. Analisis Kerusakan	30
5. Perhitungan Efektivitas Peralatan Total (<i>Overall Equipment Effectiveness / Oee</i>)	38
6. Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3).....	48
BAGIAN KEDUA: MANAJEMEN PEMELIHARAAN.....	58
7. Maintenance System	59
8. Maintenance Strategic and Capacity Planning	67
9. Maintenance Work Measurement	76
10. Maintenance Operation Control.....	87
11. Principles of Controlled Maintenance	95
12. Preventive Maintenance	101
13. Maintenance Management	111
14. Maintenance Planning and Scheduling	121
15. Maintenance Strategy	139
16. Total Productive Maintenance	159
REFERENSI	177
GLOSARIUM.....	179

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Model input-output proses pemeliharaan dalam sistem produksi (Al-Turki, 2011).....	3
Gambar 2.	Klasifikasi strategi pemeliharaan (Duffuaa et al, 1999).....	5
Gambar 3.	Siklus manajemen pemeliharaan.....	10
Gambar 4.	Elemen kunci manajemen pemeliharaan (Murthy, et al. 2002).....	12
Gambar 5.	<i>Key element of IMM: technical/operational-commercial-tool</i> (Murthy, et al. 2002).....	13
Gambar 6.	Diagram hubungan antara keandalan (<i>reliability</i>) dan pemeliharaan.....	20
Gambar 7.	Kurva <i>bathub-shape</i> (Ebeling, 1997).....	22
Gambar 8.	Efisiensi pemeliharaan.....	24
Gambar 9.	Siklus model <i>age replacement</i> (Jardine, 1973).....	27
Gambar 10.	Langkah dari kinerja FMEA.....	33
Gambar 11.	Identifikasi penyebab kerusakan komponen.....	34
Gambar 12.	Pohon faktor awal.....	36
Gambar 13.	Pohon Faktor lanjutan.....	37
Gambar 14.	Perhitungan OEE berdasarkan 6 kerugian besar (Nakajima, 1988).....	39
Gambar 15.	Alur pengukuran nilai OEE.....	42
Gambar 16.	Kerugian sporadis dan kronis.....	44
Gambar 17.	Hubungan antara sistem pemeliharaan dan tujuan organisasi.....	60
Gambar 18.	Sistem pemeliharaan.....	61
Gambar 19.	Sistem gabungan (<i>cascade</i>).....	63
Gambar 20.	Peramalan kualitatif & kuantitatif.....	68
Gambar 21.	Teknik pengukuran kerja.....	76
Gambar 22.	Populasi sampel kerja (rerata).....	79
Gambar 23.	Analisis ABC.....	82
Gambar 24.	Diagram <i>inventory cost model</i>	83

Gambar 25.	Kurva bak mandi (kegagalan penuaan, kelelahan).....	84
Gambar 26.	Pendekatan grafis	85
Gambar 27.	Siklus kontrol pemeliharaan.....	87
Gambar 28.	<i>Work order system flow</i>	90
Gambar 29.	<i>Job card</i>	91
Gambar 30.	Struktur kendali pemeliharaan.....	92
Gambar 31.	Unit tipikal (reaktor) dan rancangan pemeliharaan jangka panjangnya	101
Gambar 32.	Faktor-faktor yang mempengaruhi rancangan pemeliharaan jangka panjang	102
Gambar 33.	Model hierarkis dari identifikasi bagian-bagian suatu unit produksi pabrik kimia	103
Gambar 34.	Diagram pemeliharaan (<i>batch reactor</i>).....	104
Gambar 35.	Skenario keputusan bila level pertama keputusan adalah <i>repair</i>	107
Gambar 36.	Diagram pemeliharaan untuk vessel dan <i>lining</i>	109
Gambar 37.	Perakitan silinder kepala dan <i>join rotary</i>	110
Gambar 38.	Kerangka pemeliharaan menurut Wireman.....	118
Gambar 39.	Kerangka pemeliharaan menurut Campbell.....	118
Gambar 40.	Prinsip pareto dan perencanaan kerja	129
Gambar 41.	Proses pemikiran strategis	140
Gambar 42.	Tahapan dasar proses manajemen.....	141
Gambar 43.	Struktur sumberdaya <i>weekend</i> (<i>second-line weekend</i>)	143
Gambar 44.	Struktur administrasi	144
Gambar 45.	Sistem perencanaan kerja	145
Gambar 46.	Prinsip kontrol kerja.....	146
Gambar 47.	Model fungsional dari sistem dokumentasi pemeliharaan	147
Gambar 48.	Pengaruh permintaan pasar terhadap strategi pemeliharaan	148
Gambar 49.	Strategi mengelola pemeliharaan	149
Gambar 50.	Strategi: desentralisasi, outsourcing, efisiensi & efektivitas	149
Gambar 51.	Organisasi-dekonsentrasi.....	150
Gambar 52.	Organisasi delegasi.....	151

Gambar 53. Organisasi devolusi.....	152
Gambar 54. Alasan pemilihan <i>outsourcing</i>	154
Gambar 55. Kriteria <i>outsourcing</i>	156
Gambar 56. Contoh hierarki keputusan	157
Gambar 57. Delapan pilar pendekatan untuk implementasi TPM.....	162
Gambar 58. Tujuan organisasi melalui kegiatan pemeliharaan.....	167

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Enam Belas Kerugian Utama yang Mempengaruhi Kinerja Fabrikasi.....	40
Tabel 2.	Tujuan (Target) Pencapaian Peningkatan Kerugian (Losses) (Nakajima, 1982).....	43
Tabel 3.	Perhitungan Availabilitas Mesin Bubut	45
Tabel 4.	Data Pengukuran Gerakan PTMS (Contoh).....	80
Tabel 5.	Pemeliharaan Preventif (Keputusan Atas Cara Terbaik Perbaiki Sistem Gearbox)	105
Tabel 6.	Definisi Kelas Kerja	123
Tabel 7.	Tugas Prioritas Perusahaan	124
Tabel 8.	Work Order Status Codes & Descriptions.....	126
Tabel 9.	Langkah Pengembangan <i>Autonomous Maintenance</i> (Nakajima, 1988)	164
Tabel 10.	<i>Six Big Losses</i> (Enam Kerugian Utama).....	171
Tabel 11.	Kriteria Probabilitas.....	174
Tabel 12.	Penilaian Probabilitas dan Dampak Analisis Risiko.....	175

BAGIAN PERTAMA:
SISTEM PEMELIHARAAN

1. KONSEP PEMELIHARAAN

1.1. Sistem Pemeliharaan

Kelancaran proses produksi di tengah persaingan produk yang semakin ketat merupakan salah satu faktor penting yang perlu mendapat prioritas. Oleh karena itu perlu untuk benar-benar memikirkan bagaimana menjaga kondisi fasilitas produksi atau mesin yang digunakan untuk beroperasi dengan baik. Ketika mesin atau komponen rusak, proses produksinya terganggu dan kemungkinan berhenti sehingga target tidak tercapai dan membahayakan perusahaan. Peristiwa kerusakan ini dapat menghasilkan penilaian ketidakmampuan perusahaan untuk memberikan kepuasan kepada konsumen dalam bentuk produk yang cacat sampai pengiriman barang yang tidak akurat. Ini akan berdampak pada konsumen beralih ke produk lain.

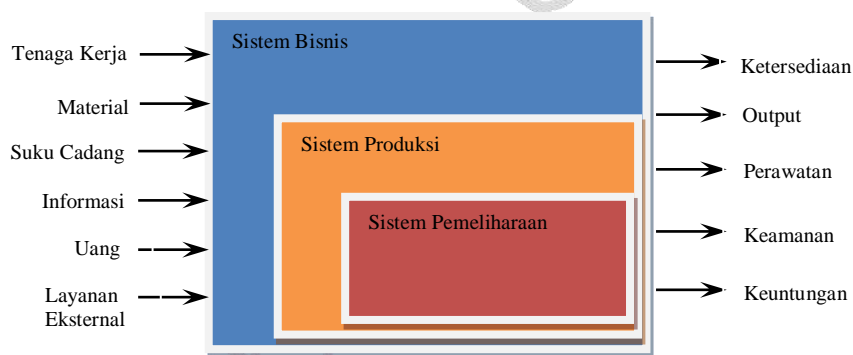
Dalam manajemen pemeliharaan ada sistem pemeliharaan yang dapat dikontrol seperti: pemeliharaan penggantian komponen, pemeliharaan kontrol, pemeliharaan total, dan pemeliharaan keandalan. Pengelolaan sistem pemeliharaan dilakukan dengan tujuan memberikan jaminan terhadap berfungsinya fasilitas produksi, serta terjadinya interaksi yang baik antara manusia dan mesin dalam proses produksi. Manajemen sistem pemeliharaan terpadu memiliki peran penting dalam mencapai visi perusahaan. Sistem pemeliharaan terintegrasi memiliki elemen dalam bentuk fasilitas (*machine*), penggantian komponen (*material*), biaya perawatan (*money*), perencanaan kegiatan pemeliharaan (*method*), operator pemeliharaan (*man*) yang saling terkait dan berinteraksi dalam kegiatan pemeliharaan di industri.

1.2. Pengertian Pemeliharaan

Istilah *maintenance* seringkali digunakan dan diartikan sebagai pemeliharaan atau perawatan. Pemeliharaan atau perawatan merupakan konsep aktivitas yang diperlukan untuk menjaga kualitas mesin agar dapat berfungsi dengan baik seperti kondisi normalnya. Pemeliharaan merupakan bentuk kegiatan yang dilakukan untuk mengembalikan atau mempertahankan kondisi mesin agar selalu dapat berfungsi. Pemeliharaan juga merupakan kegiatan pendukung yang menjamin kelangsungan mesin

dan peralatan sehingga pada saat dibutuhkan dapat digunakan sesuai harapan. Sehingga kegiatan pemeliharaan merupakan seluruh rangkaian aktivitas yang dilakukan untuk mempertahankan mesin dan peralatan pada kondisi operasional dan aman, serta apabila terjadi kerusakan dapat dikendalikan (Ansori & Mustajib, 2014).

Proses pemeliharaan dapat digambarkan sebagai model input output seperti pada Gambar 1 (Al-Turki, 2011). Proses pemeliharaan akan mempengaruhi tingkat ketersediaan (*availability*) fasilitas produksi, laju produksi, kualitas produk akhir (*end product*), ongkos produksi, dan keselamatan operasi. Faktor-faktor tersebut selanjutnya akan berpengaruh terhadap tingkat keuntungan (*profitability*) perusahaan. Proses pemeliharaan selain membantu kelancaran proses produksi karena ketepatan waktu pengiriman produk, juga menjaga fasilitas dan peralatan tetap efektif dan efisien dan terhindar dari kerusakan (*zerro breakdown*).



Gambar 1. Model input-output proses pemeliharaan dalam sistem produksi (Al-Turki, 2011)

Proses produksi membutuhkan kegiatan pemeliharaan yang meliputi pembersihan, inspeksi, pelumasan, serta pengadaan suku cadang demi keberlanjutannya. Pemeliharaan mempunyai kaitan erat dengan tindakan pencegahan (*preventive*) dan perbaikan (*corrective*) berupa:

- a) *Inspection* yaitu tindakan pemeriksaan yang ditujukan bagi sistem (mesin-mesin) agar dapat diketahui apakah sistem berada pada kondisi normal.
- b) *Service* yaitu tindakan yang ditujukan bagi sistem (mesin-mesin) yang biasanya telah dijadwalkan dalam buku pemeliharaan mesin.

- c) *Replace* yaitu tindakan penggantian komponen yang rusak, dapat dilakukan secara mendadak atau sesuai perencanaan pencegahan.
- d) *Repair* yaitu tindakan perbaikan yang dilakukan pada saat terjadi kerusakan kecil.
- e) *Overhaul* tindakan perbaikan skala besar yang biasanya dilakukan pada akhir periode tertentu.

1.3. Tujuan Pemeliharaan

Umumnya pemeliharaan difokuskan pada pencegahan untuk mengurangi dan / atau menghindari kerusakan dengan memastikan keandalan dan kesiapan peralatan, serta meminimalkan biaya perawatan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, proses pemeliharaan atau sistem adalah subsistem dari sistem produksi. Sistem produksi itu sendiri memiliki tujuan:

- a) Memaksimalkan keuntungan dari peluang pasar yang tersedia
- b) Meminimalkan kerugian yang diakibatkan oleh kegagalan produksi
- c) Memperhatikan aspek teknis dan ekonomis pada proses produksi

Sehingga sistem pemeliharaan dapat membantu tercapainya tujuan tersebut dengan peningkatan keuntungan dan kepuasan pelanggan. Pencapaian itu dilakukan dengan pendekatan nilai fungsi dari fasilitas produksi yang ada (Duffuaa et al, 1999) dengan cara:

- a) Meminimasi *downtime*
- b) Memperbaiki kualitas
- c) Meningkatkan produktivitas
- d) Menyerahkan pesanan tepat waktu

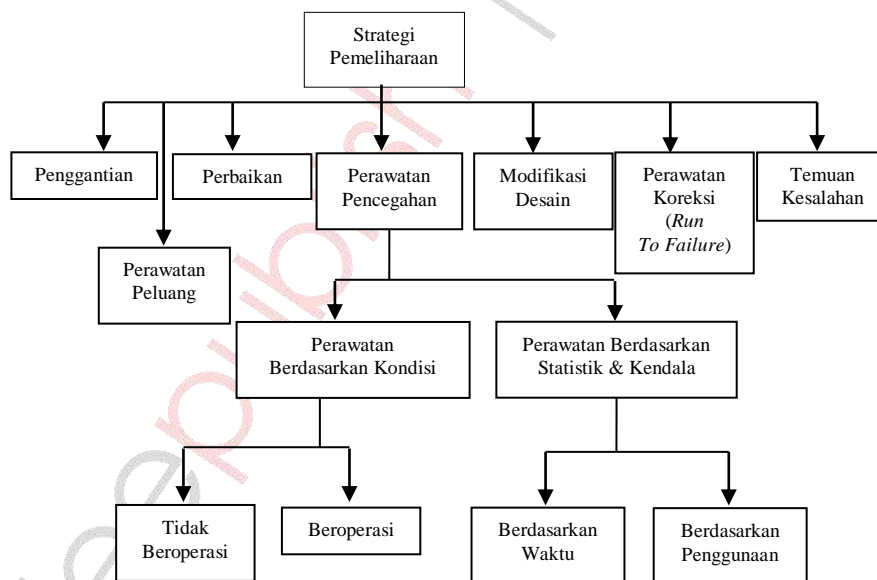
Tujuan utama dilakukannya sistem manajemen pemeliharaan menurut *Japan Institute of Plan Maintenance dan Consultant TPM India*, secara ringkas dapat disebutkan sebagai berikut:

- a) Memperpanjang umur pakai fasilitas produksi
- b) Menjamin tingkat ketersediaan optimal dari fasilitas produksi
- c) Menjamin kesiapan operasional seluruh fasilitas yang diperlukan untuk penggunaan darurat
- d) Menjamin keselamatan operator dan pengguna fasilitas
- e) Mendukung kemampuan mesin agar dapat sesuai dengan fungsinya

- f) Membantu mengurangi pemakaian dan penyimpanan suku cadang diluar batas
- g) Mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin dengan *maintenance* secara efektif dan efisien
- h) Mengadakan kerja sama erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dalam mencapai tujuan utama perusahaan, yaitu keuntungan yang sebesar-besarnya dan total biaya yang rendah dan total biaya yang rendah

1.4. Strategi Pemeliharaan

Prinsip pemeliharaan fasilitas produksi adalah menjaga tingkat konsistensi dalam mengoptimalkan produksi dan kesiapan fasilitas tanpa mengesampingkan keselamatan. Untuk mencapainya diperlukan strategi pemeliharaan. Proses pemeliharaan umumnya dibagi dua: pemeliharaan terencana dan tidak terencana. Gambar 2 menunjukkan beberapa strategi yang dapat digunakan menurut Duffuaa *et al*, 1999.



Gambar 2. Klasifikasi strategi pemeliharaan
(Duffuaa et al, 1999)

Pemeliharaan Penggantian (*Replacement*)

Penggantian komponen dilakukan secara keseluruhan atau sebagian dari sistem yang perlu diganti karena tingkat utilitas mesin atau keandalan fasilitas produksi berada dalam kondisi yang buruk. Tujuan dari strategi pemeliharaan penggantian adalah untuk memastikan berfungsinya sistem dalam kondisi normal.

Pemeliharaan Peluang (*Opportunity Maintenance*)

Pemeliharaan peluang dilakukan ketika ada peluang saat mesin dimatikan. Pemeliharaan peluang bertujuan untuk mencegah waktu menganggur (*idle*) baik operator ataupun petugas pemeliharaan. Pemeliharaan dapat dilakukan dari yang paling sederhana seperti pembersihan hingga perbaikan fasilitas dalam sistem produksi.

Pemeliharaan Perbaikan Besar (*Overhaul*)

Merupakan pengujian dan perbaikan secara menyeluruh pada beberapa atau sebagian besar komponen sampai pada kondisi normal yang dapat diterima. Pemeliharaan perbaikan besar merupakan pemeliharaan terencana dan prosesnya dilakukan secara menyeluruh terhadap sistem, sehingga diharapkan sistem atau sebagian besar subsistem berada pada kondisi yang handal.

Pemeliharaan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Merupakan pemeliharaan terencana untuk mencegah terjadinya potensi kerusakan. Pemeliharaan pencegahan merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan untuk mencegah kerusakan yang tidak terduga serta menemukan penyebab rusaknya fasilitas produksi. Dalam praktiknya *preventive maintenance* dibedakan atas:

a) Routine Maintenance

Yaitu kegiatan pemeliharaan terhadap kondisi dasar mesin dengan cara mengganti suku cadang yang aus/rusak serta dilakukan secara rutin. Contoh pemeliharaan rutin: pembersihan peralatan, pelumasan atau pengecekan oli, pengecekan suplai bahan bakar dan angin kompresor.

b) *Periodic Maintenance*

Yaitu kegiatan pemeliharaan yang dilakukan periodik dalam jangka waktu tertentu (misalnya mingguan atau sebulan sekali), dengan cara melakukan pengecekan berkala dan memulihkan bagian mesin yang rusak atau tidak sempurna. Contoh pemeliharaan periodik: penyetelan sensor-sensor, pengecekan silinder pneumatik.

c) *Running Maintenance*

Merupakan pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan saat fasilitas produksi dalam keadaan bekerja. Pemeliharaan ini termasuk pemeliharaan yang direncanakan untuk diterapkan pada peralatan atau mesin dalam keadaan sedang beroperasi. Biasanya diterapkan pada mesin-mesin yang harus terus berproduksi. Kegiatan pemeliharaan dilakukan dengan cara mengawasi secara aktif.

d) *Shutdown Maintenance*

Merupakan kegiatan pemeliharaan yang hanya dapat dilaksanakan pada saat fasilitas produksi sengaja dimatikan atau dihentikan.

Pemeliharaan pencegahan dilakukan untuk menghindari peralatan atau sistem mengalami kerusakan. Pada kenyataannya mungkin agak sulit menghindari adanya kerusakan. Namun begitu tetap ada alasan untuk pemeliharaan pencegahan, yaitu:

- a) Menghindari terjadinya kerusakan
- b) Mendeteksi terjadinya kerusakan lebih awal
- c) Menemukan kerusakan tersembunyi
- d) Mengurangi waktu menganggur
- e) Menaikkan ketersediaan (*availability*) fasilitas produksi
- f) Pengurangan penggantian suku cadang dan pengendalian persediaan
- g) Meningkatkan efisiensi mesin
- h) Memberikan pengendalian anggaran dan biaya
- i) Memberi informasi pertimbangan penggantian mesin

Pemeliharaan pencegahan berdasarkan penggunaan peralatan dibedakan atas *time-based* dan *used-based*:

- a) *Time-based*: pemeliharaan dilakukan setelah peralatan digunakan sampai satu satuan waktu tertentu

- b) *Used-based*: pemeliharaan dilakukan berdasarkan frekuensi penggunaan, untuk menentukan frekuensi perlu diketahui distribusi kerusakan atau keandalan peralatan

Modifikasi Desain (*Design Modification*)

Pemeliharaan dilakukan pada sebagian kecil peralatan agar tercapai pada kondisi yang dapat diterima, dengan penambahan kapasitas. Biasanya modifikasi desain dibuat karena adanya kebutuhan untuk meningkatkan kapasitas maupun kinerja peralatan.

Pemeliharaan Koreksi (*Breakdown/Corrective Maintenance*)

Pemeliharaan ini dilakukan setelah terjadinya kerusakan, sehingga merupakan bagian dari pemeliharaan yang tidak terencana. *Corrective maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada peralatan karena tidak dapat berfungsi dengan baik. *Breakdown maintenance* merupakan kegiatan *corrective maintenance* yang memerlukan penyiapan suku cadang dan perlengkapan lain untuk pelaksanaan kegiatan tersebut.

Kegiatan pemeliharaan korektif meliputi seluruh aktivitas mengembalikan kondisi sistem dari keadaan rusak hingga dapat beroperasi kembali. Pemeliharaan korektif disebut sebagai *Mean Time to Repair (MTTR)*. Waktu perbaikan ini meliputi beberapa aktivitas yaitu: *preparation time* berupa persiapan tenaga kerja untuk melakukan pekerjaan, yaitu waktu perjalanan, penyiapan alat dan peralatan ukur; *active maintenance time* berupa kegiatan rutin dalam pekerjaan pemeliharaan; serta *delay and logistic time* berupa waktu menunggu persediaan.

Strategi *breakdown/corrective maintenance* sering disebut sebagai *run to failure (RTF)* yang banyak diterapkan pada komponen elektronik. Keputusan pengoperasian peralatan hingga rusak, dengan pertimbangan secara ekonomis tidak menguntungkan bila dilakukan pemeliharaan. Alasannya karena biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan pemeliharaan pencegahan terlalu mahal dibanding dengan mengganti peralatan yang rusak.

Temuan Kesalahan (*Fault Finding*)

Merupakan tindakan pemeliharaan dalam bentuk pengecekan untuk mengetahui tingkat kerusakan. Kegiatan *fault finding* bertujuan untuk menemukan kerusakan yang tersembunyi saat mesin beroperasi. Pada kenyataannya kerusakan tersembunyi merupakan situasi yang sulit diperkirakan dan sangat mungkin mengakibatkan kecelakaan bila dioperasikan. Salah satu cara untuk menemukan kerusakan tersembunyi adalah melakukan pemeriksaan dengan mengoperasikan mesin dan melakukan pengamatan dengan seksama dan teliti apakah mesin/peralatan tersebut beroperasi dengan semestinya atau tidak.

Pemeliharaan Berbasis Kondisi (*Condition-based Maintenance*)

Pemeliharaan berbasis kondisi dilakukan dengan cara memantau kondisi parameter kunci dari peralatan yang akan mempengaruhi kondisi peralatan. Strategi pemeliharaan ini dikenal dengan istilah *predictive maintenance*, contohnya memantau kondisi pelumas dan getaran mesin. Pemeliharaan ini merupakan salah satu alternatif terbaik yang mampu mendeteksi awal terjadinya kerusakan, serta dapat memperkirakan waktu suatu peralatan akan mengalami kegagalan dalam operasinya. Terdapat dua bentuk pengukuran dalam pemeliharaan ini yaitu:

- a) Mengukur parameter-parameter yang berhubungan dengan performansi suatu peralatan secara langsung, seperti suhu dan tekanan angin
- b) Mengukur akibat yang ditimbulkan oleh karena pengoperasian peralatan dengan melakukan pengamatan, seperti getaran mesin dengan melakukan pengamatan, seperti getaran mesin

Pada kegiatan pemeliharaan berbasis kondisi terdapat klasifikasi berdasarkan bentuk pengukuran:

- a) Identifikasi dan pengukuran terhadap parameter yang berhubungan dengan awal terjadinya kerusakan
- b) Menentukan nilai terhadap parameter tersebut, apabila memungkinkan diambil tindakan sebelum terjadi kerusakan yang lebih parah

Pemeliharaan Penghentian (*Shutdown Maintenance*)

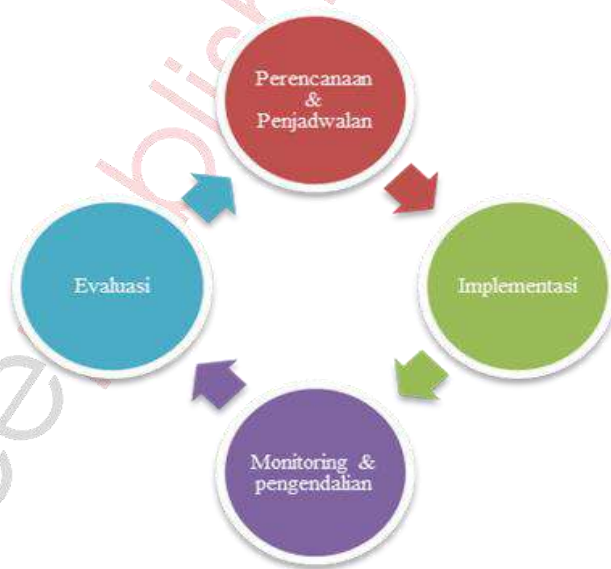
Kegiatan pemeliharaan ini hanya dilakukan ketika fasilitas produksi sengaja dihentikan. Pemeliharaan dilakukan secara terencana dan terjadwal

dengan memusatkan pada pengelolaan periode penghentian fasilitas produksi. Hal yang penting yaitu pengelolaan sumber daya yang ada berupa tenaga kerja, peralatan, material dan lain-lain, untuk meminimalkan waktu henti (*down time*) sehingga biaya diusahakan seminimal mungkin.

1.5. Elemen Manajemen Pemeliharaan

Terdapat dua elemen penting pada pendekatan manajemen pemeliharaan yaitu:

- a) Manajemen pemeliharaan merupakan aktivitas penting karenanya harus dikelola secara strategis. Siklus manajemen pemeliharaan (Gambar 3) meliputi tahapan: (1) perencanaan dan penjadwalan, (2) implementasi, (3) *monitoring* dan pengendalian, dan (4) evaluasi
- b) Manajemen pemeliharaan secara efektif perlu didasarkan pada model kuantitatif (model matematis) yang mengintegrasikan pemeliharaan dan kebijakan lain seperti produksi dsb. Model matematis untuk mendapatkan parameter optimal dalam menentukan strategi pemeliharaan yang diturunkan dari model mekanisme kegagalan dari kondisi peralatan.



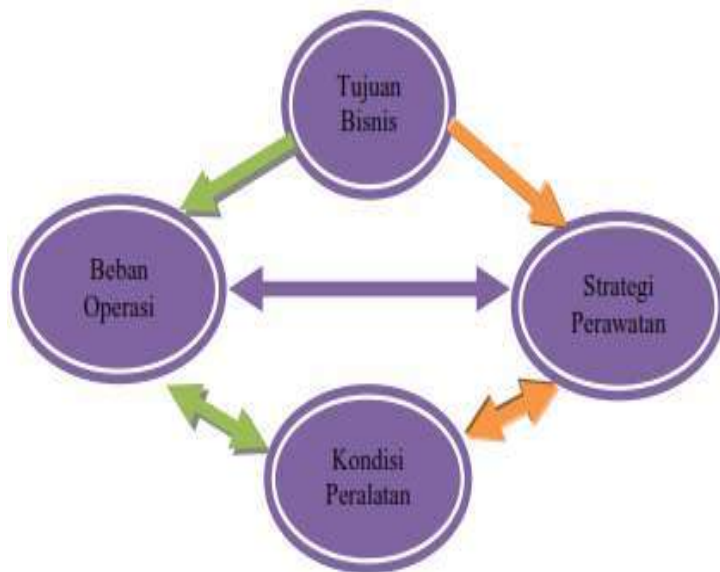
Gambar 3. Siklus manajemen pemeliharaan

Pada tahapan perencanaan dan penjadwalan dilakukan kegiatan perencanaan pemeliharaan, terbagi dua yaitu: *planned & unplanned*. Tahap kedua yaitu implementasi, dilakukan pelaksanaan proses pemeliharaan. Tahap ketiga berupa *monitoring* dan pengendalian, dilakukan dalam jangka pendek dan dilakukan secara langsung. Tahap evaluasi, dilakukan dalam jangka panjang, misalnya 1 semester dan biasanya berupa audit.

Dalam manajemen pemeliharaan, pemeliharaan bisa kita pandang sebagai aktivitas multidisiplin yang melibatkan:

- a) Pemahaman tentang mekanisme degradasi dan hubungannya dengan pengumpulan data dan analisis untuk menilai status peralatan
- b) Pengembangan model kuantitatif untuk memprediksi pengaruh perbedaan tindakan (pemeliharaan dan operasi) pada degradasi kondisi peralatan
- c) Pengelolaan pemeliharaan dari sudut pandang strategis

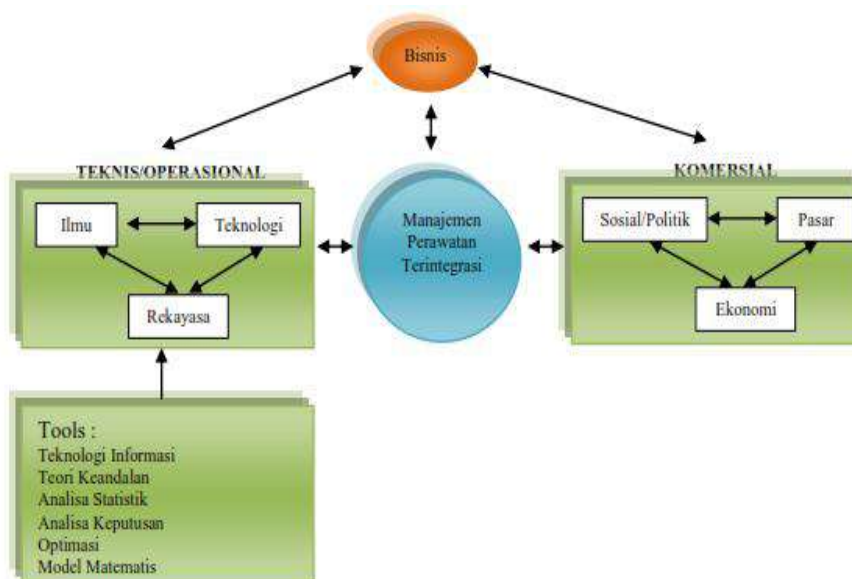
Titik awal kegiatan pemeliharaan terletak pada kondisi peralatan. Kondisi peralatan dipengaruhi oleh pembebanan saat operasi dan pemeliharaan. Pemeliharaan tergantung keandalan peralatan (keandalan yang rendah membutuhkan usaha pemeliharaan yang lebih besar), akhirnya hal ini juga tergantung pada kebijakan yang dibuat saat desain dan manufaktur peralatan. Kondisi pembebanan peralatan tergantung pada kebijakan produksi yang dipengaruhi oleh pertimbangan pasar dan komersial, ini mempunyai pengaruh besar dalam kinerja bisnis keseluruhan. Oleh karena itu kebijakan pemeliharaan dan operasional perlu dilaksanakan bersama dengan memperhitungkan pengaruhnya pada degradasi peralatan dan tujuan bisnis secara keseluruhan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Elemen kunci manajemen pemeliharaan
(Murthy, *et al.* 2002)

1.6. Paradigma Perbaikan Berkelanjutan

Untuk mewujudkan tercapainya tujuan bisnis perusahaan, perlu dimiliki sistem pemeliharaan dan perbaikan terintegrasi yang berkelanjutan. Gambar 5 menunjukkan elemen kunci sistem pemeliharaan: teknis/operasional, komersial, dan *tools*.



Gambar 5. Key element of IMM: technical/operational-commercial-tool
(Murthy, et al. 2002)

Masalah teknis dan operasional dalam menilai kondisi peralatan, memprediksi degradasi perbedaan skenario pemeliharaan, dan beban operasi akan melibatkan hubungan diantara ilmu (*science*), rekayasa (*engineering*), dan teknologi. Aspek komersial menguraikan masalah yang berhubungan dengan pasar, sosial politik, dan ekonomi. Ketergantungan terhadap bisnis dapat berupa beberapa variabel dari tiap kaitan dalam manajemen pemeliharaan. Sebagai contoh pada kasus utilitas, transportasi umum atau industri proses, faktor sosial politik bisa menjadi faktor dominan yang berpengaruh dikaitkan dengan manusia, harta benda, dan lingkungan.

Data-data teknis, operasional, dan komersial, diperlukan dalam pengambilan keputusan tergantung tipe pemeliharaan. Kebanyakan perbaikan dan penggantian merupakan keputusan strategis, karena itu melibatkan investasi yang dipertimbangkan. Sebaliknya *preventive maintenance* regular dan sebagian *corrective maintenance* merupakan keputusan operasional. Karena itu dalam bisnis perlu *monitoring* dan

kumpulan data manajemen pemeliharaan yang efektif dan perbaikan berkelanjutan.

Manajemen pemeliharaan melibatkan perumusan strategi pemeliharaan dan implementasi strategi. Permasalahan pemeliharaan terkait logistik dihubungkan dengan penjadwalan, persediaan suku cadang, kebijakan pemesanan, dsb. Berbagai macam alat bantu (*tools*) diperlukan dalam manajemen pemeliharaan efektif. Yaitu meliputi teknologi informasi untuk mengumpulkan dan menyimpan data, statistik dan analisis data, perangkat analitik dan komputasi untuk pemodelan, analisis dan optimasi untuk pengambilan keputusan optimal.

Aktivitas Internal dan Eksternal (*In House vs Outsourcing*)

Ada kecenderungan yang muncul diantara top manajemen beberapa bisnis yang menganggap bahwa pemeliharaan bukan aktivitas inti karena itu harus dilakukan *outsourcing*. *Outsourcing* merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan oleh agen jasa eksternal. Karena dianggap bukan aktivitas inti, maka akan mengurangi biaya. Ada dua aktivitas eksternal yang bisa dilakukan dalam *outsourcing* yaitu: a) *maintenance management* perencanaan strategi pemeliharaan (misalnya merencanakan menggunakan strategi RCM untuk meningkatkan *availability*); dan b) *maintenance implementation* pelaksanaan strategi pemeliharaan (misalnya dengan penerapan strategi RCM).

Menurut Murthy, *et al.* (2002) manajemen dan perencanaan pemeliharaan tidak perlu dilakukan *outsourcing* karena alasan:

- a) Pemeliharaan dan produksi harus dikaitkan secara erat, sehingga hubungan ini akan diperlemah dengan adanya *outsourcing*.
- b) Tujuan jangka panjang agen jasa dan bisnis perusahaan pasti berbeda. *Outsourcing* biasanya dilakukan dalam kontrak relatif pendek. Karenanya, tindakan agen jasa tidak optimal dalam jangka panjang untuk bisnis perusahaan.
- c) Risiko besar bila dikaitkan dengan *outsourcing*. Agen jasa mendapatkan banyak pengetahuan tentang proses dan peralatan spesifik saat melakukan pemeliharaan, dan pengetahuan ini akan hilang ketika pihak manajemen mengganti agen. Hasil total tergantung pada satu agen jasa dan bila agen jasa memutuskan

sepihak, risiko serius dapat mempengaruhi tidak hanya keuntungan tetapi ketahanan bisnis.

Keputusan melakukan *outsourcing* terhadap implementasi pemeliharaan harus didasarkan pada pertimbangan biaya. Dalam beberapa kasus, *outsourcing* menjadi pilihan yang ekonomis untuk dilakukan. Ada hal yang perlu disadari ketika akhirnya perusahaan memutuskan untuk *outsourcing*. Teori agen, menguraikan tentang *outsourcing* pemeliharaan sebagai berikut:

- a) *Pemilihan yang tidak tepat*. Hal ini timbul karena ketidakmampuan perusahaan menilai dan mengevaluasi kompetensi agen jasa sebelum memutuskannya
- b) *Risiko moral*. Perusahaan akan mengalami kesulitan untuk memonitor kualitas pemeliharaan yang disediakan agen. Ada kendala bagi agen untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan pemeliharaan sebagaimana mestinya dan hal ini memiliki konsekuensi jangka panjang pada keseluruhan kinerja bisnis.

1.7. Struktur Organisasi dan Kompetensi

Struktur Organisasi

Struktur organisasi manajemen pemeliharaan biasanya tersusun dalam tiga level.

- a) *Top level* manajemen berurusan dengan seluruh sudut pandang bisnis, meliputi:
 - 1) Memutuskan antara *outsourcing* dan *in-house* implementasi pemeliharaan
 - 2) Menyediakan *resource* (manusia, workshop, peralatan pemeliharaan yang diperlukan), dan menentukan peralatan yang dipelihara
 - 3) Menciptakan budaya mempererat interaksi antar unit berbeda (produksi, pemeliharaan, pemasaran, dll) pada bisnis perusahaan
- b) *Middle level* manajemen berurusan dengan rencana optimal strategi pemeliharaan, yang melibatkan:
 - 1) Analisis data yang dikoleksi
 - 2) Memutuskan strategi pemeliharaan optimal

- 3) Monitoring implementasi tindakan pemeliharaan *in-house* yang dilaksanakan oleh level manajemen yang lebih rendah, dan
 - 4) Monitoring tindakan pemeliharaan *outsourcing* yang dilaksanakan oleh agen
- c) *Junior level* manajemen berurusan dengan:
- 1) Implementasi tindakan pemeliharaan *in-house*
 - 2) Mengumpulkan data yang sesuai

Kompetensi

Top level manager harus memiliki pemahaman yang baik pada semua aktivitas dalam unit pemeliharaan dan kemampuan berpikir strategis untuk mengintegrasikan pemeliharaan ke dalam keseluruhan tujuan bisnis.

Middle level manager perlu mempunyai kompetensi yang diperlukan untuk perencanaan strategi pemeliharaan optimal. Ini menunjukkan bahwa mereka memahami dasar mekanisme degradasi dan memiliki analisis data yang tepat, menggunakan metode dan pendekatan yang tepat untuk memprediksi dan melakukan optimisasi serta memiliki keterampilan manajemen untuk mempertemukan antara *top dan junior level management*.

Junior level manager harus profesional dengan level kualifikasi dalam keandalan dan pemeliharaan yang didasarkan kualifikasi pendidikannya dalam disiplin ilmu: teknik mesin, teknik elektro, teknik kimia, teknik material dan teknik pertambangan. Program pendidikan harus terdiri dari keahlian inti yang berurusan dengan konsep dasar dan teknik. Implementasi kebijakan pemeliharaan membutuhkan pemahaman yang baik pada aspek teknis atas peralatan yang dipelihara.

Kegiatan Pemeliharaan (Maintenance Activities)

Kegiatan pemeliharaan menurut *Japan Institute of Plan Maintenance* dan *Confederation Industrial India* dikategorikan menjadi tiga elemen:

- a) *Activities to Prevent Deterioration*. Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya penurunan performansi pada peralatan

- b) *Activities to Measure Deterioration*. Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan untuk mengukur terjadinya penurunan performansi pada peralatan, sehingga diperoleh tolak ukur evaluasi kerusakan
- c) *Activites to Restore Deterioration*. Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan untuk memperbaiki penurunan performansi peralatan dengan tujuan mengembalikan kondisi seperti semula

1.8. Tugas dan Aktivitas Pemeliharaan

Tugas dan aktivitas pemeliharaan dalam perusahaan meliputi kegiatan berikut:

- a) Kegiatan Inspeksi

Kegiatan inspeksi meliputi kegiatan pengecekan dan pemeriksaan secara berkala pada fasilitas produksi sesuai rencana, serta pengecekan dan pemeriksaan terhadap peralatan yang rusak dan membuat laporan hasil. Bila ada kerusakan dilakukan perbaikan yang diperlukan sesuai laporan hasil inspeksi. Karena itu laporan hasil inspeksi harus memuat keadaan peralatan, sebab terjadinya kerusakan bila ada, usaha perbaikan kecil yang telah dilakukan dan usulan perbaikan/penggantian yang perlu dilakukan.

- b) Kegiatan Teknik

Kegiatan teknik meliputi kegiatan percobaan peralatan yang baru dibeli/ diadakan dan kegiatan pengembangan peralatan/ komponen untuk perbaikan mesin yang rusak menggunakan komponen yang tidak sama spesifikasinya dengan yang dibutuhkan. Dalam hal ini perlu diadakan perubahan/ modifikasi tertentu terhadap komponen atau mesin agar dapat bekerja kembali. Dalam kegiatan teknik ini termasuk penyelidikan sebab terjadinya kerusakan pada peralatan dan cara untuk memperbaikinya. Dengan mengetahui sebab kerusakan dapat diusahakan alat/ cara pencegahan terjadi kerusakan berikutnya. Kegiatan ini juga mempelajari spesifikasi mesin dan mengupayakan agar mesin dapat bekerja lebih efektif dan efisien.

- c) Kegiatan Produksi

Kegiatan produksi merupakan kegiatan pemeliharaan melaksanakan pekerjaan fisik yang disarankan/diusulkan dalam kegiatan inspeksi. Dengan melaksanakan kegiatan ini maka produksi dapat berjalan lancar sesuai dengan yang ditetapkan.

d) Kegiatan Administrasi

Kegiatan administrasi merupakan kegiatan yang berhubungan dengan pencatatan biaya pekerjaan pemeliharaan. Biaya ini berhubungan dengan komponen yang dibutuhkan dan laporan kemajuan tentang apa yang telah direncanakan, waktu pelaksanaan inspeksi dan perbaikan, serta lamanya perbaikan tersebut dan komponen yang tersedia di bagian gudang. Kegiatan pencatatan dimaksudkan untuk penyusunan perencanaan dan penjadwalan, yaitu rencana kapan mesin harus dicek/diperiksa, diberi pelumas, diservis, dan diperbaiki.

2. KEANDALAN DAN KERUSAKAN

2.1. Definisi Keandalan

Keandalan didefinisikan sebagai probabilitas komponen, peralatan, mesin, atau sistem tetap beroperasi dengan baik sesuai dengan fungsi yang diharapkan dalam interval waktu dan kondisi tertentu.

Dalam menyatakan berfungsi tidaknya suatu fasilitas/peralatan tertentu, kita bisa menyatakannya dalam nilai keandalan dari fasilitas/peralatan tersebut. Keandalan menyatakan konsep kesuksesan operasi atau kinerja dan ketiadaan kerusakan. Ketidakandalan menyatakan kebalikannya. Teori keandalan menguraikan kegunaan interdisiplin, probabilitas, statistik, dan pemodelan stokastik, dikombinasikan dengan pengetahuan rekayasa ke dalam desain dan pengetahuan ilmu mekanisme kerusakan, untuk mempelajari berbagai aspek keandalan (Blischke & Murthy, 2000). Meningkatnya persaingan bisnis antar perusahaan dan permintaan konsumen yang membutuhkan produk dengan kualitas tinggi dan jadwal penyerahan tepat waktu, telah mendorong kebutuhan peralatan (*equipment*) atau mesin (*machine*) pada tingkat keandalan (*reliability*) yang tinggi.

Peralatan dinyatakan memiliki dua kondisi yaitu “baik” dan “rusak” yang merupakan proses probabilistik, sehingga jika keandalan berharga 1 maka sistem dapat dipastikan dalam keadaan baik, dan jika berharga 0 maka dipastikan bahwa sistem dalam keadaan rusak. Jika keandalan adalah $R(t)$ maka keandalan berkisar $0 \leq R(t) \leq 1$. Keandalan dapat dihitung dengan rumus (Ansori & Mustajib, 2014):

$$R(t) = \int_0^{\infty} f(t) dt$$
$$= 1 - F(t) \text{ untuk } 0 \leq R(t) \leq 1$$

untuk $t \rightarrow 0$, $R(t) \rightarrow 1$, berarti sistem dalam keadaan baik

untuk $t \rightarrow \infty$, $R(t) \rightarrow 0$, berarti sistem dalam keadaan rusak

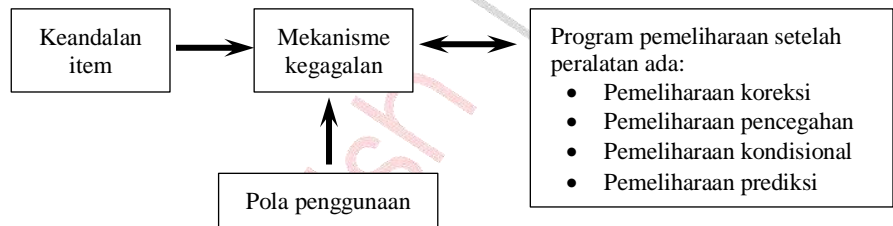
Dimana:

$R(t)$ = Fungsi keandalan

$F(t)$ = Probabilitas kerusakan

T = Lamanya suatu peralatan beroperasi sampai rusak yang merupakan variabel acak
 $R(t)$ = $P \{ \text{alat dapat berfungsi} \}$ pada saat t
 $= P \{ T \}$ (mesin dapat berfungsi)
 $= 1 - P \{ T > t \}$
 $= 1 - F(t)$

Selanjutnya, untuk menjaga keandalan yang tinggi perlu program pemeliharaan yang baik. Dengan demikian program pemeliharaan yang baik perlu informasi mekanisme kerusakan (*failure mechanism*) dan pola penggunaan (*usage patern*). Pengertian *failure* di sini dalam arti yang luas dipengaruhi oleh keandalan item (*reliabilty of item*). Program pemeliharaan sendiri juga mempengaruhi *failure mechanism*. Sehingga kesemuanya memiliki hubungan yang bersifat bolak-balik, seperti yang terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram hubungan antara keandalan (*reliability*) dan pemeliharaan

2.2. Fungsi Keandalan

Keandalan merupakan probabilitas kinerja dari sistem atau alat untuk memenuhi fungsi-fungsi yang diharapkan dalam selang waktu tertentu. Sedangkan fungsi keandalan adalah suatu fungsi matematis yang menggambarkan fungsi kerusakan. Variabel utama dalam fungsi keandalan adalah waktu terjadinya kerusakan (*time failure*). Fungsi tersebut dirumuskan sebagai berikut:

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt = P(x > t)$$

Dimana: $R(t)$ merupakan probabilitas peralatan dapat beroperasi hingga waktu t .

Probabilitas suatu peralatan mengalami kerusakan sebelum jangka waktu t disebut sebagai *CDF (Cumulative Distribution Failure)* dengan rumusan:

$$F(t) = P(x \leq t)$$

Sehingga dari kedua persamaan diatas dapat dirumuskan bahwa probabilitas keandalan suatu peralatan hingga waktu t dirumuskan sebagai:

$$R(t) = 1 - F(t)$$

$$R(t) = \exp \left[- \int_0^t \lambda(t) dt \right]$$

2.3. Kerusakan

Karakteristik kerusakan pada peralatan umumnya tidak sama meskipun dioperasikan pada waktu yang bersamaan, karakteristik yang sama akan memberikan selang waktu terjadinya kerusakan yang berbeda.

2.3.1. Laju Kerusakan

Laju kerusakan adalah probabilitas banyaknya komponen yang mengalami kerusakan setiap waktu, bila komponen sejenis dioperasikan secara bersama. Laju kerusakan $\lambda(t)$ dirumuskan sebagai berikut:

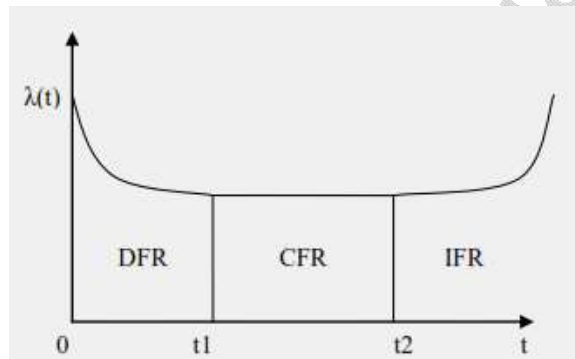
$$\begin{aligned} \lambda(t) &= P\{x < t + \Delta t / x > t\} \\ &= \frac{P\{(x < t + \Delta t / x > t)\}}{P(x > t)} \end{aligned}$$

2.3.2. Karakteristik Kerusakan

Karakteristik kerusakan pada peralatan dibagi menjadi tiga tahap yaitu (Gambar 7):

- a) Kegagalan Awal (*early failure*). Kegagalan yang terjadi pada awal pengoperasian suatu item yang ditandai dengan laju kerusakan yang menurun.

- b) Kegagalan Acak (*random failure*). Kegagalan yang terjadi pada item yang berjalan normal ditandai dengan laju kegagalan konstan.
- c) Kegagalan Usang (*wear-out failure*). Kegagalan yang terjadi pada usia kegunaan tertentu yang ditandai dengan laju kerusakan yang semakin meningkat yang menuntut segera dilakukan penggantian sebagian alat atau keseluruhan dengan yang baru.



Gambar 7. Kurva *bathub-shape*
(Ebeling, 1997)

2.3.3. Model-Model Kerusakan

Waktu terjadinya kerusakan tiap peralatan merupakan variabel *random*. Sebelum menghitung nilai probabilitas keandalan suatu mesin atau peralatan perlu diketahui secara statistik distribusi kerusakan peralatan tersebut. Distribusi kerusakan digunakan untuk menentukan kerusakan komponen berdasarkan interval waktu kerusakannya. Berikut ini beberapa distribusi yang umum digunakan dalam menghitung tingkat keandalan peralatan.

- 1) *Mean time to failure* (MTTF). Keandalan suatu sistem seringkali dinyatakan dalam bentuk angka yang menyatakan ekspektasi masa pakai sistem atau alat tersebut, yang dinotasikan dengan $E[T]$ dan sering disebut rata-rata waktu kerusakan atau *mean time to failure* (MTTF). MTTF hanya digunakan pada komponen atau alat yang sering sekali mengalami kerusakan dan harus diganti dengan komponen atau alat yang masih baru atau baik. Rata-rata waktu kerusakan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 E [T] &= \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt \\
 &= - \int_0^{\infty} t \frac{dR}{dt} dt = -tR(t) \Big|_0^{\infty} + \int_0^{\infty} R(t) dt
 \end{aligned}$$

Karena $R(\infty)$ adalah 0, sehingga diperoleh :

$$E [T] = \int_0^{\infty} R(t) dt$$

- 2) *Mean Time To Repair* (MTTR). MTTR adalah rata-rata waktu komponen untuk dilakukan perbaikan atau pemeliharaan. MTTR didasarkan atas lamanya perbaikan dan penggantian komponen yang mengalami kerusakan. MTTR dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$E [T] = \int_0^{\infty} R(t) dt$$

- 3) *Mean Time Between Failure* (MTBF). MTBF (rata-rata waktu antar kerusakan) adalah suatu ukuran seberapa andal suatu produk atau komponen. Karena kebanyakan komponen mempunyai tingkat kerusakan dalam ribuan atau bahkan sepuluh ribu jam antar kerusakan. Sebagai contoh, suatu mesin bubut mungkin mempunyai rata-rata waktu antar kerusakan 300.000 jam. Perhitungan MTBF dapat digunakan sebagai suatu acuan dasar ketika hendak melakukan perancangan suatu produksi baru. MTBF dapat dikembangkan sebagai hasil dari pengujian intensif berdasar pada pengalaman produk nyata (eksperimen sebelumnya), atau yang diramalkan dengan penelitian faktor yang sudah diketahui. Pabrikan boleh menjadikan MTBF sebagai indeks keandalan suatu komponen atau produk dan dalam beberapa hal juga untuk memberikan kepada pelanggan suatu jaminan keandalan. MTBF dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$MTBF = MTTF + MTTR$$

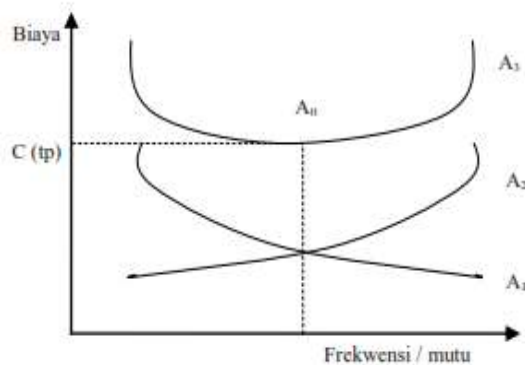
3. EFISIENSI PEMELIHARAAN

3.1. Ruang Lingkup Efisiensi Pemeliharaan

Bila pemeliharaan dilakukan pada waktu interval terlalu pendek akan mengakibatkan biaya pemeliharaan yang besar dan biaya kerusakan yang kecil. Akan tetapi bila pemeliharaan dilakukan pada interval terlalu panjang akibatnya biaya kerusakan tinggi dan biaya pemeliharaan kecil (Ansori & Mustajib, 2014).

Hal ini disebabkan karena semakin baik pemeliharaan maka biaya pemeliharaan semakin besar. Sedangkan dari waktu yang hilang akibat kerusakan akan semakin kecil dengan bertambahnya mutu pemeliharaan. Oleh karena itu perlu diadakan pemeliharaan optimal yang mampu ditinjau dari biaya pemeliharaan maupun biaya kerusakan.

Hubungan antara frekuensi pemeliharaan dan biaya pemeliharaan yang timbul dapat digambarkan seperti Gambar 8 (Blanchard, 1981).



Gambar 8. Efisiensi pemeliharaan

Keterangan:

- A1 = Biaya pemeliharaan *preventive*
- A2 = Biaya waktu yang hilang akibat kerusakan
- A3 = Total biaya pemeliharaan
- C (tp) = Total biaya pemeliharaan terkecil

A = Titik optimum yang menunjukkan nilai pemeliharaan yang seharusnya diberikan

Berkaitan dengan titik optimal tingkat pemeliharaan, beberapa kegiatan pemeliharaan yang perlu diperhatikan adalah:

- a) Aspek Teknis. Aspek teknis berkenaan dengan persoalan menjaga agar produksi pabrik berjalan lancar dengan melihat beberapa indikator berupa: i). Tindakan apa yang harus dilakukan untuk memelihara dan merawat peralatan; dan ii). Alat yang dibutuhkan dan harus disediakan agar tindakan pada langkah pemeliharaan dapat dilakukan.
- b) Aspek Ekonomis. Aspek yang berkaitan dengan bagaimana usaha yang dilakukan agar kegiatan pemeliharaan dapat berjalan efektif dan efisien. Pada aspek ini perlu adanya analisa biaya dari alternatif-alternatif yang diambil.

Biaya-biaya yang perlu diperbandingkan pada saat pengambilan keputusan pemeliharaan:

- a) Besar biaya yang dikeluarkan untuk perbaikan *preventive maintenance*.
- b) Besar biaya pemeliharaan dan perbaikan peralatan dengan harga peralatan.
- c) Besar biaya pemeliharaan dan perbaikan yang dibutuhkan peralatan dengan jumlah kerugian yang akan dihadapi bila peralatan tersebut berhenti atau rusak.

Kebutuhan yang harus dipenuhi agar proses pemeliharaan terlaksana secara efektif dan efisien yaitu:

- a) Ketersediaan data mengenai mesin dan peralatan yang dimiliki perusahaan. Data mengenai mesin dan peralatan, nomor, jenis (*type*), umur dan tahun pembuatannya. Dari data tersebut bisa ditentukan kegiatan perbaikan yang memungkinkan akan dilakukan.
- b) Adanya perencanaan dan penjadwalan pemeliharaan. Perencanaan terkait penyusunan kapan dilakukan pemeliharaan jangka panjang dan jangka pendek mengenai inspeksi, pelumasan, pembersihan dan perbaikan kerusakan. Diperlukan perencanaan terkait banyaknya tenaga pemeliharaan agar efektif dan efisien.

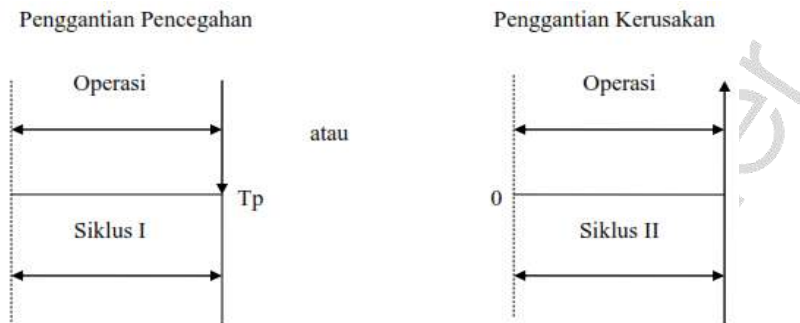
- c) Ketersediaan suku cadang. Persediaan suku cadang harus siap saat dibutuhkan dan investasi persediaan suku cadang harus minimum (dalam arti tidak kurang dan tidak lebih).
- d) Harus ada catatan. Kegiatan *maintenance* semuanya harus tercatat baik *progress maintenance* maupun *action maintenance*. Termasuk catatan tentang karakteristik mesin serta catatan inspeksi interval kerusakannya.
- e) Adanya Laporan, Pengawasan dan Analisa (*Report, Control, Analysis*). Laporan, pengawasan, dan analisa dimaksudkan untuk mengevaluasi kegagalan dan segera diambil keputusan untuk memperbaiki langkah-langkah perbaikan.

3.2. Model Matematis Sistem Pemeliharaan

Model *Age Replacement* adalah model pemeliharaan dengan menetapkan nilai interval waktu pemeliharaan pencegahan berdasarkan selang waktu termakan yang digunakan untuk tindakan penggantian dengan kriteria minimasi (Jardine, 1973). Asumsi-asumsi yang digunakan dalam fokus pengembangan permasalahan tersebut adalah: (a) Laju kerusakan sesuai dengan peningkatan pemakaian, (b) Peralatan setelah dilakukan perbaikan kondisinya menjadi normal, dan (c) Tidak ada masalah dalam ketersediaan komponen.

Model *Age Replacement* terdapat dua siklus operasi yaitu (Gambar 9):

- a) Siklus I adalah siklus pencegahan yang diakhiri dengan kegiatan pencegahan dengan melakukan penggantian komponen yang telah mencapai umur penggantian sesuai dengan yang direncanakan.
- b) Siklus II adalah siklus kerusakan yang diakhiri dengan kegiatan penggantian kerusakan sebelum mencapai waktu yang telah ditetapkan.



Gambar 9. Siklus model *age replacement* (Jardine, 1973)

3.3. Perhitungan Total Biaya Pemeliharaan

Hubungan antara biaya pemeliharaan pencegahan, biaya perbaikan kerusakan, dan probabilitas siklus keandalan pada interval waktu selama fungsi padat probabilitas dalam menentukan total biaya pemeliharaan persatuan waktu, dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C(tP) = \frac{C_m.R(tp) + C_f.[1 - R(tp)]}{Ftp.R(tp) + \int_{-\infty}^{tp} tf(t)dt}$$

Dimana:

- C_m = Biaya pemeliharaan pencegahan
- C_f = Biaya perbaikan kerusakan
- $R(tp)$ = Probabilitas terjadinya siklus pertama
- tp = Interval waktu penggantian pencegahan
- $F(tp)$ = Fungsi padat probabilitas
- $C(tp)$ = Nilai biaya pemeliharaan persatuan waktu

3.4. Biaya-Biaya Dalam Pemeliharaan

Terdapat berbagai macam biaya dalam pemeliharaan, dimana biaya tersebut adalah biaya-biaya yang harus dikeluarkan perusahaan dalam melakukan kegiatan pemeliharaan, adalah:

- a) *Biaya tenaga kerja*. Merupakan biaya tenaga kerja yang dikeluarkan untuk merawat komponen-komponen mesin agar mesin tetap terjaga kondisinya. Perhitungan biaya ini didasarkan pada besarnya gaji tenaga kerja per bulan dibagi dengan jam kerja efektif tenaga kerja tersebut selama bulan yang bersangkutan. Biaya tenaga kerja untuk melakukan pemeliharaan dan perbaikan dianggap sama.
- b) *Biaya suku cadang*. Merupakan biaya penggantian kerusakan komponen atau pembelian komponen baru.
- c) *Biaya akibat pemeliharaan*. Merupakan pendapatan yang hilang selama mesin atau fasilitas produksi mengalami kegagalan (gabungan dari biaya operasional dan laba perusahaan).

Model matematis pemeliharaan sangat penting sekali dalam mendukung perhitungan usia pakai peralatan dan penentuan waktu optimal peralatan. Dirumuskan bahwa total biaya pemeliharaan merupakan penjumlahan kumulatif biaya kegagalan dan biaya pemeliharaan, sehingga dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 TC &= C_F \cdot f_F + C_M \cdot f_M \\
 &= C_F \left[\frac{1}{TM} \int_0^{TM} \lambda(t) dt \right] + C_M \left[\frac{1}{TM} \right] \\
 &= \frac{1}{TM} \left[C_F \int_0^{TM} \lambda(t) dt + C_M \right]
 \end{aligned}$$

Jika data berdistribusi *Weibull*, biaya total per jam adalah:

$$TC = \frac{C_F}{\eta^\beta} TM^{\beta-1} + \frac{C_M}{TM}$$

Untuk memperoleh TC minimum maka $\frac{dT_c}{dT_M} = 0$ sehingga diperoleh:

$$TM = \eta \left[\frac{C_M}{C_F (\beta - 1)} \right]^{\frac{1}{\beta}}$$

Dimana:

TC : Biaya total pemeliharaan

- CF : Biaya perbaikan atau penggantian karena rusaknya komponen untuk setiap siklus
- fF : Frekuensi kegagalan.
- CM : Biaya yang dikeluarkan untuk pemeliharaan per siklus
- fM : Frekuensi pemeliharaan
- TM : Interval waktu pemeliharaan optimal (*preventive maintenance*) dalam satuan jam.

3.5. Kebijakan Penggantian Komponen

A. K. S Jardine (1973) mengklasifikasikan penggantian komponen sebagai masalah deterministik dan probabilistik. Permasalahan deterministik jika waktu dan hasil tindakan penggantian komponen diasumsikan telah diketahui secara pasti. Permasalahan probabilistik jika waktu dan hasil tindakan penggantian komponen tergantung pada suatu kemungkinan.

Langkah kebijakan penggantian komponen sebelum mencapai kondisi rusak:

- Ongkos dari penggantian komponen akibat kerusakan harus lebih besar dari pada ongkos total penggantian komponen untuk melakukan pencegahan atau dengan kriteria lain biaya kerusakan harus lebih besar dari pada biaya *breakdown* apabila dilakukan penggantian pencegahan.
- Laju kerusakan dari peralatan harus meningkat seiring bertambahnya waktu karena penggantian sebelum rusak. Pola kerusakan ini tidak berlaku jika kerusakan berdistribusi eksponensial negatif dan *hiper* eksponensial karena laju kerusakan konstan dan menurun terhadap waktu. Jadi laju kerusakan bertambah sesuai dengan peningkatan komponen yang terjadi pada mesin dan peralatan.

4. ANALISIS KERUSAKAN

Proses pencarian sumber penyebab dari kerusakan yang muncul bukan hal yang mudah. Sering terjadi kesalahan pada saat mengidentifikasi sumber kerusakan sebuah komponen, lebih-lebih pada sistem produksi yang terdiri dari puluhan atau bahkan ratusan komponen. Sehingga ketika tindakan pemeliharaan pencegahan atau perbaikan, peralatan belum memberikan performa sesuai yang diharapkan. Karena itu dibutuhkan alat bantu untuk mendeteksi sekaligus melakukan analisa terhadap kerusakan yang sistematis agar diperoleh keputusan yang tepat.

4.1. Identifikasi Potensi Risiko Kerusakan

Risiko potensial adalah suatu kejadian yang tidak dikehendaki dengan dampak negatif terhadap suatu sistem/operasi. Risiko potensial dapat berakibat terjadinya suatu kerusakan yang pada akhirnya menyebabkan suatu bahaya. Teknik yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi risiko potensial diantaranya adalah:

- a) *Hazard Operability (HAZOP)*
- b) *Failure Analysis*
- c) *Fault Tree Analysis (FTA)*
- d) *Failure, Modes and Effect Analysis (FMEA)*
- e) *Failure Modes and Effect Critically Analysis (FMECA)*
- f) *Reliability Centered Maintenance (RCM)*
- g) *Risk Based Inspection (RBI)*
- h) *Risk Based Maintenance (RBM)*

Hasil yang akan diperoleh dari identifikasi risiko potensial adalah skala yang menunjukkan tingkat pengaruh risiko dan bahaya seperti berikut:

a. Skala Umum

- 1) *Skala luas.* Pada skala ini, kejadian yang tidak diinginkan berdampak pada terhentinya kegiatan produksi dan proses peralatan, disamping itu pengaruh yang terjadi memiliki

jangkauan luas dan membahayakan terhadap lingkungan dan manusia.

- 2) *Skala menengah*. Pada klasifikasi ini, kejadian yang tidak diinginkan berdampak pada tidak berjalannya kegiatan operasional dan kelangsungan produksi secara teknis dan manajemen.
- 3) *Skala rendah*. Kejadian yang tidak dikehendaki hanya berdampak pada peralatan di area sekitarnya dalam bentuk gangguan, kegagalan maupun kerusakan.

b. Skala Khusus

- 1) *Makro* (mekanikal/fisik). Kondisi terjadinya kegagalan atau kerusakan yang berakibat pada risiko dan bahaya yang dapat dilihat tanpa alat bantu khusus, seperti suhu tinggi/rendah, benturan dan gesekan, getaran, persinggungan antar material, potensial korosi/erosi/kelelahan serta lainnya.
- 2) *Mikro* (karakteristik/komposisi material). Kondisi terjadinya kegagalan dan kerusakan yang berakibat pada risiko dan bahaya yang hanya dapat dilihat dengan alat bantu khusus karena berhubungan dengan struktur, karakter dan komposisi material, seperti ruang kosong, pertumbuhan kristal, batas butir/kristal, pengerasan permukaan/struktur dalam dan komposisi struktur material/antar material serta lainnya. Identifikasi risiko potensial juga meninjau data-data yang ada agar didapat pemetaan titik-titik risiko potensial secara akurat berdasarkan identifikasi-identifikasi: peralatan, lokasi tempat pemasangan, peralatan berhubungan dengan peralatan yang akan dipasang, instalasi, prosedur operasi dan pemeliharaan, serta prosedur dan peralatan inspeksi dan pemantauan.

4.2. Penyebab Kegagalan

Kegagalan merupakan keadaan tidak berfungsi atau tidak beroperasinya suatu sistem sebagaimana mestinya sebagai akibat dari sebab tertentu. Kegagalan dapat disebabkan oleh faktor-faktor: desain dan konstruksi, bahan dan fabrikasi, instalasi/pemasangan, pemeliharaan,

pemantauan selama operasi, sumber daya manusia, atau prediksi situasi dan kondisi sekitar (Ansori & Mustajib, 2014).

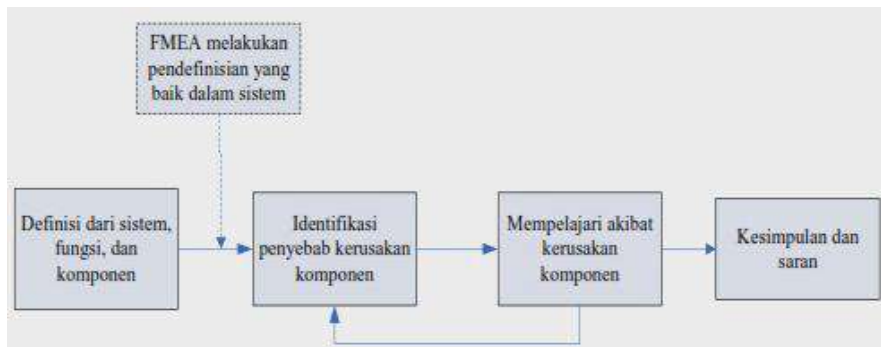
4.3. *Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)*

Failure Models and Effect Analysis merupakan metode yang bertujuan untuk mengevaluasi desain sistem dengan mempertimbangkan bermacam-macam jenis kegagalan dari sistem yang terdiri dari komponen-komponen, menganalisa pengaruh-pengaruh terhadap keandalan sistem dengan penelusuran pengaruh-pengaruh kegagalan komponen sesuai dengan level item-item khusus dari sistem yang kritis dapat dinilai dan tindakan yang diperlukan untuk memperbaiki desain dan mengeliminasi atau mereduksi probabilitas dari metode-metode kegagalan yang kritis. (Kimura, 2002).

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) pertama kali digunakan pada tahun 1960 dalam bidang penerbangan. Sejak saat itu penggunaan FMEA diperluas pada banyak sektor industri. FMEA bertujuan melakukan perbaikan dengan cara:

- a) Mengidentifikasi model-model kegagalan pada komponen, peralatan, dan sistem.
- b) Menentukan akibat yang potensial pada peralatan, sistem yang berhubungan dengan setiap model kegagalan.
- c) Membuat rekomendasi untuk menambah keandalan komponen, peralatan, dan sistem.

Terdapat empat langkah utama dalam kinerja FMEA (Gambar 10), yaitu: (a) Mendefinisikan sistem, fungsi-fungsi dan komponen-komponennya, (b) Mengidentifikasi penyebab kerusakan komponen, (c) Mempelajari akibat dari penyebab kerusakan komponen, dan (d) Kesimpulan dan saran.



Gambar 10. Langkah dari kinerja FMEA

Sistem dan Fungsi

Fungsi merupakan hal pertama yang harus didefinisikan. Beragam sistem operasi harus diidentifikasi. Informasi yang diperlukan pada tahapan ini meliputi:

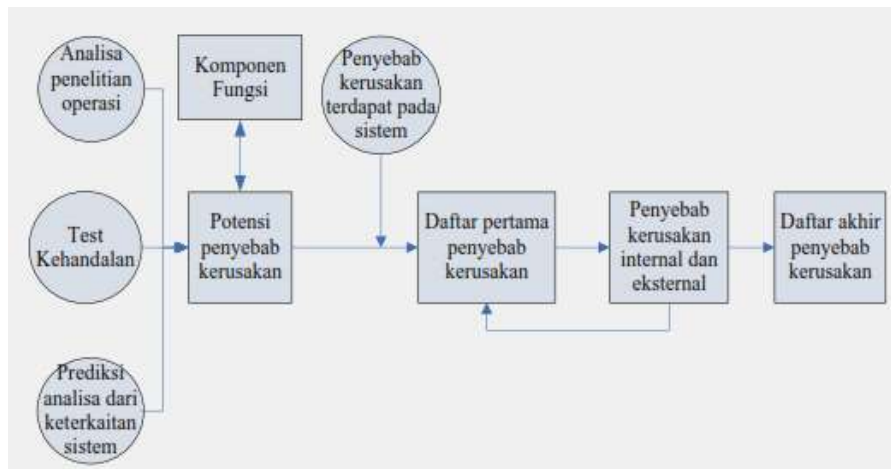
- Fungsi utama dari sistem,
- Keterbatasan fungsi yang ada dalam sistem
- Spesifikasi mengenai sistem dan spesifikasi komponen menurut lingkungan sistem dan komponen.

Identifikasi Penyebab Kerusakan Komponen

Langkah-langkah untuk menemukan penyebab kerusakan komponen pada sistem diperlihatkan pada Gambar 11. Yang perlu kita perhatikan bahwa penyebab kerusakan komponen digambarkan sebagai akibat yang harus diamati terkait dengan kerusakannya.

Proses identifikasi kerusakan dapat dilakukan dengan pertimbangan terhadap proses:

- Jika komponen telah digunakan dalam mesin kemudian ada pengamatan performansinya, sangat baik apabila hal itu digunakan untuk mengidentifikasi kerusakan.
- Jika berupa desain komponen baru, komponen-komponen lain dengan persamaan desain dan fungsi dapat dijadikan acuan untuk menganalisa keandalan komponen yang digunakan.



Gambar 11. Identifikasi penyebab kerusakan komponen

Klasifikasi dasar dari penyebab kegagalan yang digunakan terhadap mesin dapat disebabkan oleh karena:

- Pengoperasian yang belum waktunya
- Kesalahan pengoperasi pada saat memberi perintah
- Kerusakan pada saat operasi berhenti
- Kerusakan selama operasi berjalan

Identifikasi Akibat dari Penyebab Kerusakan Komponen

Akibat dari tiap-tiap penyebab kegagalan fungsi suatu sistem dan komponen, dapat dipelajari secara sistematis dan diperkirakan. Akibat yang dijelaskan dapat diasumsikan terdapat satu penyebab kesalahan, dan komponen lain dapat beroperasi secara normal. Dengan mempelajari akibat suatu sistem dapat diketahui perbedaan dari akibat lain diluar sistem.

Pengambilan Keputusan

Langkah selanjutnya adalah analisis yang akan menggambarkan kesimpulan, yaitu:

- Seluruh gambaran penyebab kegagalan dan akibat yang ditimbulkan dalam sistem operasi telah diperhitungkan dalam desain.
- Dapat mengidentifikasi satu kerusakan.

- c) Penyebab kegagalan diperhitungkan secara luas dari akibat yang ditimbulkan dalam fungsi sistem.
- d) Mengidentifikasi kerusakan kedua dan kerusakan-kerusakan lainnya.
- e) Merancang prosedur pemeliharaan yang berhubungan antara tiap-tiap penyebab kegagalan.

4.4. Root Cause Analysis (RCA)

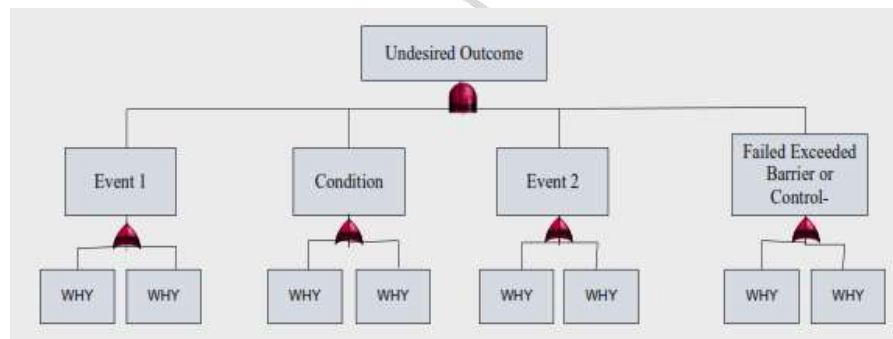
RCA digunakan untuk mengevaluasi struktur yang diidentifikasi dari akar penyebab (*root cause*) untuk menghasilkan keadaan agar penyebab tersebut tidak terulang kembali. RCA sering digunakan dalam membantu untuk menjelaskan:

- a) Apa yang terjadi
- b) Bagaimana itu terjadi
- c) Kenapa itu terjadi

Langkah-langkah yang dapat dilakukan dalam pembuatan RCA yaitu (Ansori & Mustajib, 2014):

1. Mengidentifikasi dan menjelaskan definisi dari hasil yang tidak diinginkan
2. Mengumpulkan data. Mengidentifikasi fakta dari hasil yang tidak diinginkan
 - a) Kapan hasil yang tidak diinginkan itu terjadi?
 - b) Dimana itu terjadi?
 - c) Kondisi utama apa yang ditunjukkan dari kejadian tersebut?
 - d) Kontrol / pemeliharaan apa yang tidak dilakukan sehingga itu terjadi?
 - e) Kegiatan pemeliharaan apa yang dilakukan bila hal itu datang lagi?
 - f) Apakah memperbaiki kejadian? Apakah pemeliharaan selanjutnya berdampak pada kerusakan?
3. Menciptakan garis waktu
 - a) Mengilustrasikan urutan waktu kejadian
 - b) Menggambarkan hubungan antara kondisi, kejadian dan mengatasi kerusakan

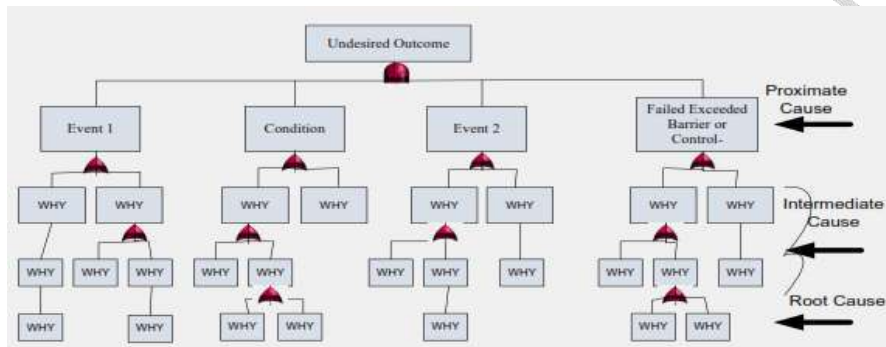
4. Tempat kejadian dan kondisi di dalam pohon faktor kejadian dan penyebabnya
 - a) Tempatkan hasil yang tidak diinginkan pada puncak dari pohon.
 - b) Masukkan seluruh kejadian, kondisi, dan kerusakan yang terjadi segera sebelum hasil yang tidak diinginkan dan dapatkan penyebabnya.
 - c) Mempertimbangkan manusia, *software*, *hardware*, kebijakan, prosedur, dan lingkungan.
 - d) Apabila datanya lengkap mengindikasikan bahwa satu penyebab kemungkinan tidak bisa diterapkan, ini dapat dihilangkan dari pohon.
5. Gunakan *fault tree* atau metode lain untuk mengidentifikasi seluruh penyebab yang potensial (Gambar 12 & 13). Hal tersebut dilakukan untuk mengidentifikasi seluruh kemungkinan kerusakan yang disebabkan manusia.



Gambar 12. Pohon faktor awal

6. Menjabarkan kerusakan sampai ke dasar kejadian / kondisi.
7. Mengidentifikasi secara spesifik penyebab kerusakan.
8. Meneruskan pertanyaan “kenapa” sampai mencapai:
 - a) Akar penyebab, meliputi seluruh faktor organisasi yang menggunakan kontrol perancangan, pelumasan, pengembangan, pemeliharaan, operasional, dan penjualan dalam sistem.
 - b) Permasalahan yang tidak dapat dibenarkan (tidak ada penyebabnya).

c) Tidak cukup data untuk dilanjutkan



Gambar 13. Pohon Faktor lanjutan

Hasil dari pertanyaan dan jawaban digambarkan secara menyeluruh sebagai penyebab yang potensial untuk hasil yang tidak diinginkan.

9. Periksa secara logika dan faktanya secara menyeluruh dengan melihat penyebab yang potensial.

FMEA dan RCA pada pokok bahasan ini digunakan sebagai metode untuk mengidentifikasi kerusakan dikarenakan dua metode ini memiliki kelebihan dari metode yang lain. Kelebihan itu antara lain:

- a) Tidak mempergunakan simbol-simbol yang sulit dimengerti
- b) Dapat mengidentifikasi kerusakan sampai pada akar permasalahan
- c) Penyebab dan akibat dari kerusakan mesin/komponen dapat teridentifikasi dengan jelas

5. PERHITUNGAN EFEKTIVITAS PERALATAN TOTAL (OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS / OEE)

5.1. Pengertian OEE

OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) merupakan metode yang digunakan sebagai alat ukur (metrik) dalam penerapan program TPM guna menjaga peralatan pada kondisi ideal dengan menghapus *Six Big Losses* peralatan. Selain itu, untuk mengukur kinerja dari sistem produktif. Kemampuan mengidentifikasi secara jelas akar permasalahan dan faktor penyebab sehingga membuat usaha perbaikan menjadi fokus merupakan faktor utama metode ini.

OEE adalah besarnya efektifitas yang dimiliki oleh peralatan atau mesin. OEE dihitung dengan memperoleh dari availabilitas dari alat-alat perlengkapan, efisiensi kinerja dari proses dan *rate* dari mutu produk:

$$\text{OEE (\%)} = \text{Availability (\%)} \times \text{Performance rate (\%)} \times \text{Quality rate (\%)}$$

Dalam pelaksanaan OEE ada beberapa manfaat yang dapat diambil dari OEE antara lain:

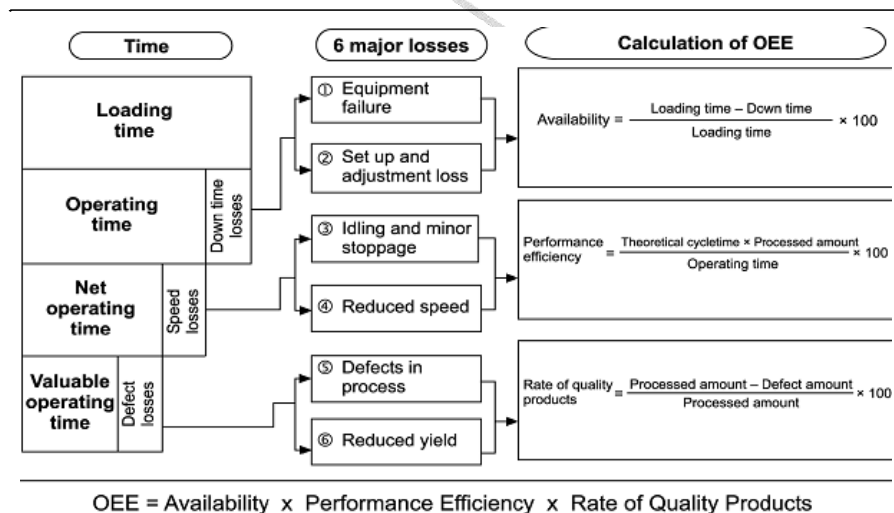
- a) Dapat digunakan untuk menentukan *starting point* dari perusahaan ataupun peralatan/mesin.
- b) Dapat digunakan untuk mengidentifikasikan kejadian *bottleneck* di dalam peralatan/mesin.
- c) Dapat digunakan untuk mengidentifikasikan kerugian produktifitas (*true productivity losses*)
- d) Dapat digunakan untuk menentukan prioritas dalam usaha untuk meningkatkan OEE dan peningkatan produktivitas.

5.2. *Six Big Losses*

Menurut Nakajima (1988), terdapat 6 kerugian besar yang menyebabkan rendahnya kinerja dari peralatan. Keenam kerugian tersebut, atau sering disebut dengan *Six Big Losses* yang terdiri dari:

- Equipment failure*, (kerugian akibat kerusakan peralatan)
- Setup and adjustment losses*, (kerugian penyetelan dan penyesuaian)
- Idle and minor stoppage*, (kerugian karena mengganggu dan penghentian mesin)
- Reduced speed*, (kerugian karena kecepatan operasi rendah)
- Defect in process*, (kerugian cacat produk dalam proses)
- Reduced yield*, (kerugian akibat hasil rendah)

Six Big Losses dihitung untuk mengetahui OEE dari suatu peralatan agar dapat diambil langkah-langkah untuk perbaikan mesin tersebut secara efektif. Secara garis besar keenam kerugian dalam identifikasi tersebut dapat dipetakan kedalam beberapa klasifikasi waktu permesinan antara lain waktu operasi yang bernilai tambah (*valuable operating time*), waktu operasi bersih (*net operating time*), waktu operasi (*operating time*), waktu proses (*loading time*) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Perhitungan OEE berdasarkan 6 kerugian besar (Nakajima, 1988)

Selanjutnya terdapat enam belas kerugian utama yang mengganggu performansi dalam manufaktur yang mempengaruhi kinerja industri, yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Enam Belas Kerugian Utama yang Mempengaruhi Kinerja Fabrikasi

Tujuh kehilangan utama yang mengganggu efisiensi mesin secara keseluruhan	
1. <i>Breakdown/failure loss</i>	Kerugian berhubungan dengan kegagalan. Jenis kegagalan meliputi fungsi- <i>stopping</i> sporadis kegagalan dan fungsi- mengurangi kegagalan dimana fungsi peralatan turun di bawah tingkat normal
2. <i>Set-up and adjustment loss</i>	Kerugian kemacetan terjadi ketika perubahan sistem kerja. Kerugian ini disebabkan adanya perubahan pada saat beroperasi. Penggantian peralatan memerlukan waktu <i>shutdown</i> sehingga alat dapat dipertukarkan
3. <i>Reduced speed loss</i>	Kerugian berhubungan dengan kecepatan operasi aktual yang rendah, di bawah kecepatan operasi ideal
4. <i>Idling and minor stoppage loss</i>	Kerugian yang terjadi ketika menunggu atau mendiamkan sehubungan dengan adanya pembersihan dan penataan ulang
5. <i>Defect and rework loss</i>	Kerugian waktu sehubungan dengan cacat dan pengerjaan ulang, kehilangan keuangan sehubungan dengan menurunnya kualitas produk, dan kehilangan waktu yang diperlukan untuk memperbaiki produk cacat menjadi sempurna
6. <i>Start-up loss</i>	Ketika memulai produksi, kerugian yang timbul dari mesin dimulai, dijalankan hingga kondisi proses produksi stabil
7. <i>Tool changeover loss</i>	Kerugian kemacetan disebabkan oleh penggantian peralatan kerja
Kehilangan yang mengganggu waktu pemuatan mesin	
1. <i>Planned shutdown loss</i>	Kerugian yang timbul dari kemacetan mesin yang terencana pada taraf perencanaan produksi agar melaksanakan inspeksi berkala dan menurut ketentuan
Lima kehilangan utama yang mengganggu efisiensi pekerja	
1. <i>Distribution/logistic loss</i>	Kerugian terjadi sehubungan dengan ketidakmampuan untuk <i>automate</i> .
2. <i>Line organization loss</i>	Kerugian waktu menunggu yang melibatkan multi proses dan multi operator dan kehilangan lini keseimbangan

	pada pekerjaan pengangkut
3. <i>Measurement and adjustment loss</i>	Kerugian dari pengukuran kerja berulang dan penyesuaian dalam urutan untuk mencegah kejadian cacat produk
4. <i>Management loss</i>	Kerugian menunggu yang disebabkan oleh manajemen, seperti menunggu bahan baku, menunggu mesin, menunggu untuk mendapat arahan, menunggu untuk reparasi dari gangguan, dsb.
5. <i>Motion-related loss</i>	Kerugian sehubungan dengan pelanggaran dari ruang gerak, kehilangan yang terjadi sebagai hasil dari perbedaan keterampilan dan kehilangan berjalan yang disebabkan oleh tata letak yang tidak efisien
Tiga kehilangan utama yang mengganggu efisiensi penggunaan sumber daya produksi	
1. <i>Yield loss</i>	Kerugian material sehubungan dengan perbedaan pada input berat bahan dan berat dari produk berkualitas
2. <i>Consumables (jig, tool, die) loss</i>	Kerugian keuangan yang terjadi pada produksi atau reparasi cetakan, jig dan peralatan sehubungan dengan masa pakai di luar usia produk atau kerusakan
3. <i>Energy loss</i>	Kerugian akibat tidak efektifnya pemanfaatan tidak daya input (daya listrik, gas, bakar minyak, dsb.) dalam proses

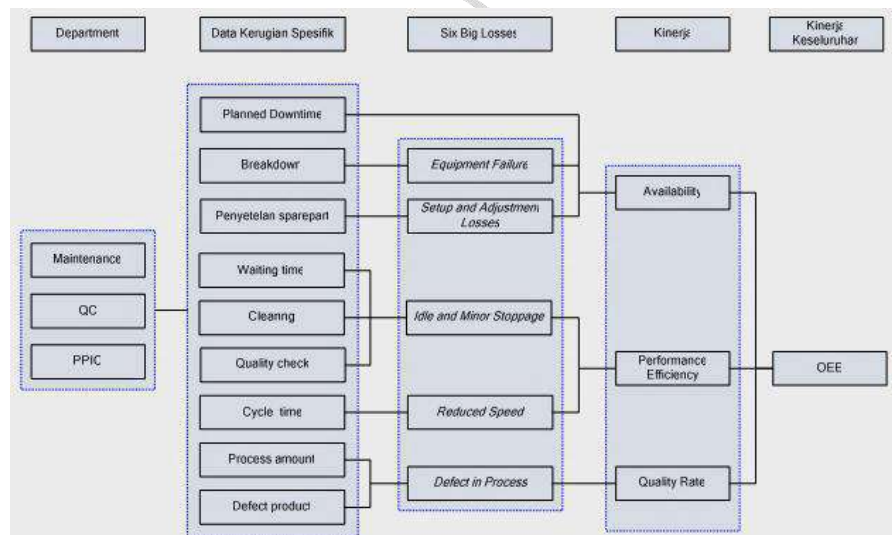
5.3. Proses Identifikasi *Six Big Losses*

Sebelum mulai mengukur nilai OEE dan ketiga rasionya, terlebih dahulu harus dipahami jenis-jenis kerugian peralatan yang ada. Menurut Nakajima (1988), terdapat 6 kerugian peralatan yang menyebabkan rendahnya kinerja dari peralatan. Keenam kerugian tersebut, disebut dengan *six big losses* yang terdiri dari: (1) Kerugian akibat kerusakan peralatan (*Equipment Failure*), (2) Kerugian penyetelan dan penyesuaian (*Setup and Adjustment Losses*), (3) Kerugian karena menganggur dan penghentian mesin (*Idle and Minor Stoppage*), (4) Kerugian karena kecepatan operasi rendah (*Reduced Speed*), (5) Kerugian cacat produk dalam proses (*Defect in Process*); dan (6) Kerugian akibat hasil rendah (*Reduced Yield*). Keenam kerugian peralatan tersebut merupakan tipe kerugian peralatan secara umum.

Agar pengukuran nilai OEE ini menjadi lebih akurat, kerugian peralatan tersebut akan diuraikan lebih spesifik terlebih dahulu. Berdasarkan observasi pada penelitian ini, diperoleh beberapa kerugian

peralatan spesifik yang merupakan penjabaran dari *six big losses* diatas. Berikut penjabaran tersebut yang akan digambarkan sebagai alur dari pengukuran nilai OEE (Gambar 15).

- a) *Planned Downtime*, waktu pemberhentian mesin yang telah ditetapkan oleh perusahaan, meliputi meeting, istirahat, sholat.
- b) Penyetelan *sparepart*, waktu yang terbuang akibat proses setup mesin.
- c) *Waiting time*, lama waktu terpakai untuk menunggu peralatan beroperasi yang terdiri dari material, operator, mesin dan lain-lain.
- d) *Trouble mesin*, lama waktu terpakai akibat terjadi gangguan atau kerusakan pada peralatan produksi.
- e) *Cleaning*, lama waktu yang terpakai akibat tindakan pembersihan kotoran atau sisa hasil proses (*scrap*).
- f) *Quality check*, lama waktu terpakai untuk memantau kondisi awal operasi peralatan maupun material dari kualitas produk.



Gambar 15. Alur pengukuran nilai OEE

Pemahaman terhadap jenis kerugian peralatan diperlukan agar hasil yang diperoleh akurat dan menggambarkan situasi yang sesungguhnya, serta tidak terdapat hal penting yang terlewatkan. Tujuan atau target

pencapaian peningkatan kerugian dapat dilihat pada Tabel 3. Setelah kerugian peralatan diidentifikasi dan diklasifikasikan menurut rasionya, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengumpulan data yang diperlukan untuk pengukuran nilai OEE.

Data yang diperlukan pada penelitian ini berkaitan dengan kerugian peralatan dan lainnya adalah sebagai berikut:

- a) Jumlah hari dan jam kerja (*available time*)
- b) Lama waktu berhenti produksi yang ditetapkan oleh perusahaan meliputi meeting, istirahat dan sholat (*planned downtime*)
- c) Lama waktu downtime mesin
- d) Lama waktu peralatan menganggur dan gangguan kecil (*idle and minor stoppages*) meliputi *scrap handling*, dan waktu menunggu lainnya
- e) Waktu Siklus per periode
- f) Jumlah produksi per periode
- g) Jumlah cacat produksi per periode, dan
- h) Historis pemeliharaan mesin

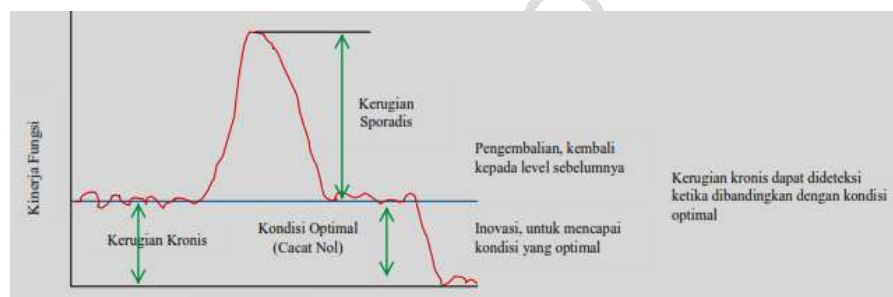
Tabel 2. Tujuan (Target) Pencapaian Peningkatan Kerugian (*Losses*)
(Nakajima, 1982)

No	Tippe Kerugian	Target	Penjelasan
1	<i>Breakdown losses</i>	0	Mengurangi sampai target nol (0) untuk semua peralatan
2	<i>Setup and adjustment losses</i>	Minimal	Mengurangi setup sampai target kurang dari 10 menit
3	<i>Speed losses</i>	0	Menjaga kecepatan actual operasi sebagaimana kecepatan pada desain
4	<i>Idling and minor stoppage losses</i>	0	Mengurangi sampai target nol (0) untuk semua peralatan
5	<i>Quality defect and rework losses</i>	0	Secara mutlak target pada <i>zero defect</i>
6	<i>Start up (yield) losses</i>	Minimal	-

5.4. Kerugian Kronis (*Chronic Losses*) dan Cacat Tersembunyi (*Hidden Defect*)

Kerugian kronis disebabkan oleh cacat tersembunyi pada permesinan, peralatan, dan metode. Jika hal ini terjadi maka harus dilakukan penghilangan penyebab kronis secara menyeluruh. Pada kenyataannya kerugian kronis sangat sulit untuk dideteksi.

Kondisi kronis biasanya merepresentasikan fenomena yang berulang dalam suatu tentang distribusi tertentu, hal ini disebut juga sebagai kondisi sporadis. Periode sporadis akan muncul ketika berada pada fenomena menaiknya *rate* cacat, hal ini terjadi oleh karena adanya perubahan kondisi fasilitas misalnya dari sisi peralatan, peralatan pendukung (*jigs dan tools*), metode kerja dan kondisi operasi yang tidak stabil seperti pada Gambar 16.



Gambar 16. Kerugian sporadis dan kronis

Pada gambar tersebut dijelaskan bahwa salah satu alternatif penyelesaian kerugian kronis adalah adanya inovasi fasilitas maupun proses oleh karena karakteristiknya yang tersembunyi dan merupakan akar penyebab dari kerugian yang muncul.

Seringkali kerugian kronis ditunjukkan dengan melakukan perbandingan antara kondisi aktual dengan kondisi teoritis ataupun kondisi optimalnya. Misalnya sebuah peralatan didesain dengan kemampuan 250 spm (*strokes per minute*), jika kemampuannya saat ini adalah 200 spm, berarti telah terjadi kerugian sebesar 50 spm. Kerugian tersebut akan tidak mampu terdeteksi bila kapasitas standarnya tidak dispesifikasikan dengan jelas.

5.5. Availability

Availability merupakan suatu rasio yang menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin atau peralatan. *Availability rate* dipengaruhi 2 komponen, yaitu *equipment failure* dan *set up and adjustment losses*. Nakajima (1988) menyatakan bahwa *availability* merupakan rasio dari *operation time*, dengan mengeliminasi *downtime* peralatan, terhadap *loading time*.

Dengan demikian formula yang digunakan untuk mengukur *availability ratio* adalah:

$$Availability = \frac{LoadingTime - Downtime}{LoadingTime} \times 100\%$$

Alur pengukuran *Availability Ratio* ini adalah mengurangi *available time* dengan *planned downtime*, sehingga diperoleh *loading time*. Selanjutnya *loading time* dikurangkan dengan *availability losses* (*downtime*) sehingga diperoleh *operating time*. Terakhir dengan membandingkan *operating time* terhadap *loading time* dan memprosentasekannya, maka nilai *Availability Ratio* diperoleh.

Sebagai contoh diberikan perhitungan *availabilitas* mesin bubut jika diketahui jumlah hari kerja adalah 17 hari, terdiri dari 2 shift kerja dan per harinya jam kerjanya selama 12 jam dengan melakukan konversi satuan ke dalam satuan yang sama (menit) akan diperoleh hasil perhitungan sesuai pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan Availabilitas Mesin Bubut

Variabel	Perhitungan	Perhitungan Data	Hasil
<i>Available Time</i>	12 Jam kerja x 2 shift x 17 hari kerja	720 menit x 2 x 17 hari	24480 menit
<i>Planned downtime</i>	1,5 jam x 2 shift x 17 hari	90 menit x 2 x 17 hari	3060 menit
<i>Loading Time</i>	Available Time– Planned downtime	24480 menit – 3060 menit	21420 menit
<i>Downtime (Losses Availability)</i>	Lama trouble mesin+Setup mesin (menit)	0+400 menit	400 menit

Variabel	Perhitungan	Perhitungan Data	Hasil
<i>Operating Time</i>	Loading time – Downtime (<i>losses availability</i>)	21420 menit – 400 menit	21020 menit

Keterangan:

Terdapat 2 shift dalam 1 hari kerja dengan lama kerja 12 jam, maka:

- *Available time* = (12 x 60 menit) x 2 shift x 17 hari kerja = 24480 menit.

Dikurangi jam istirahat yang telah ditetapkan yaitu selama 1,5 jam, maka:

- *Planned downtime* = (1,5 x 60 menit) x 2 shift x 17 hari = 3060 menit
- *Loading time* = 21420 menit – 3060 menit = 21420 menit.

Downtime (losses availability) yang terjadi pada bulan September adalah sebesar 400 menit.

Maka *operating time* diperoleh = 21420 menit – 400 menit = 21020 menit.

Maka untuk perhitungan *availability* mesin bubut periode tersebut:

$$\begin{aligned}
 \text{Availability} &= \frac{\text{LoadingTime} - \text{Downtime}}{\text{LoadingTime}} \times 100\% \\
 &= (21420 - 400) / 21420 \times 100\% \\
 &= 98,13 \%
 \end{aligned}$$

5.6. *Performance Efficiency*

Performance efficiency merupakan suatu ratio yang menggambarkan kemampuan dari peralatan dalam menghasilkan barang. *Performance efficiency* memiliki 2 komponen, yaitu *idling and minor stoppage losses* dan *reduce speed*. Rasio ini merupakan hasil dari *operating speed rate* dan *net operating rate*. *Operating speed rate* peralatan mengacu kepada perbedaan antara kecepatan ideal (berdasarkan desain peralatan) dan kecepatan operasi aktual. *Net operating rate* mengukur pemeliharaan dari suatu kecepatan selama periode tertentu. Dengan kata lain, mengukur apakah suatu operasi tetap stabil dalam periode selama peralatan beroperasi pada kecepatan rendah. Formula pengukuran rasio ini adalah:

$$\text{Performance Efficiency} = \frac{\text{Processed Amount} \times \text{Theoretical Cycle Time}}{\text{Operation Time}} \times 100\%$$

Alur pengukuran pada rasio ini adalah dengan mengurangi *operating time* dari *availability* terhadap *performance losses* sehingga didapat *operating time* untuk *performance efficiency*. Selanjutnya mengalikan *ideal cycle time* dengan jumlah produk yang diproduksi. Terakhir membandingkan hasil tersebut dengan *operating time*, maka nilai *performance efficiency* diperoleh.

5.7. Quality Rate

Quality rate merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standar. *Quality rate* didukung 2 komponen, yaitu *defect in process* dan *reduced yield*. Formula yang digunakan untuk pengukuran rasio ini adalah:

$$\text{Quality Rate} = \frac{\text{Processed Amount} - \text{Defect Amount}}{\text{Processed Amount}} \times 100\%$$

Menurut Seichi Nakajima (1989), kondisi yang ideal untuk OEE setelah dilaksanakannya TPM pada suatu perusahaan adalah:

- *Availability* > 90%
- *Performance efficiency* > 95%
- *Quality rate* > 99%

Sehingga kondisi ideal pencapaian nilai OEE adalah > 85%.

Jika diketahui jumlah produk yang mampu dibuat dalam periode yang sama adalah 4 unit produk dan tidak ada produk yang cacat (*defect*) maka nilai *quality ratenya* adalah 100%, maka hasil perhitungan OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) diperoleh dari mengalikan ketiga nilai rasio, yaitu antara *Availability*, *Performance Efficiency* dan *Quality Rate*.

6. KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA (K3)

Setiap pekerjaan/aktivitas selalu ada risiko kegagalan. Salah satu risiko pekerjaan adalah kecelakaan kerja yang berakibat kerugian. Untuk itu diperlukan K3 yang harus melekat pada semua orang yang ada dalam lingkungan perusahaan/pekerjaan. Degradasi keselamatan terjadi akibat transisi dari perubahan tatanan masyarakat agraris (*low risk society*) menuju ke tatanan masyarakat industri (*high risk society*). Kecelakaan kerja akan berdampak pada daya saing tingkat global. Sementara itu sebagian masyarakat merasa tidak memerlukan K3, bahkan dianggap sebagai barang mewah.

Filosofi dasar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah melindungi keselamatan dan kesehatan para pekerja dalam menjalankan pekerjaannya, melalui upaya-upaya pengendalian semua bentuk potensi bahaya yang ada di lingkungan tempat kerjanya. Bila semua potensi bahaya telah dikendalikan dan memenuhi batas standar aman, maka akan memberikan kontribusi terciptanya kondisi lingkungan kerja yang aman, sehat, dan proses produksi menjadi lancar, yang pada akhirnya akan dapat menekan risiko kerugian dan berdampak terhadap peningkatan produktivitas (Sugiyono, 2015).

6.1. Sejarah Perkembangan K3

a) Era revolusi industri (abad XVIII)

Pada era ini hal-hal yang turut mempengaruhi perkembangan K3 adalah penggantian tenaga hewan dengan mesin seperti mesin uap yang ditemukan sebagai sumber energi.

b) Era industrialisasi

Sejak era revolusi industri sampai dengan pertengahan abad 20, penggunaan teknologi semakin berkembang sehingga K3 juga mengikuti perkembangan ini. Perkembangan K3 mengikuti penggunaan teknologi (APD, *safety device*, *interlock*, dan alat-alat pengaman).

c) Era Manajemen

Keterpaduan semua unit-unit kerja seperti *safety*, *health* dan masalah lingkungan dalam suatu sistem manajemen juga menuntut adanya

kualitas yang terjamin baik dari aspek input proses dan output. Hal ini ditunjukkan dengan munculnya standar-standar internasional seperti ISO 9000, ISO 14000 dan ISO 18000.

d) Era Mendatang

Perkembangan K3 pada masa yang akan datang tidak hanya difokuskan pada permasalahan K3 yang ada sebatas di lingkungan industri dan pekerja. Perkembangan K3 mulai menyentuh aspek-aspek yang sifatnya publik atau untuk masyarakat luas.

6.2. Konsep K3

Konsep lama K3 beranggapan bahwa:

- a) Kecelakaan merupakan nasib sial dan merupakan risiko yang harus diterima.
- b) Tidak perlu berusaha mencegah
- c) Masih banyak pengganti pekerja
- d) Membutuhkan biaya yang cukup tinggi
- e) Menjadi faktor penghambat produksi

Konsep baru K3 beranggapan bahwa:

- a) Memandang kecelakaan bukan sebuah nasib.
- b) Kecelakaan pasti ada penyebabnya sehingga dapat dicegah
- c) Penyebab faktor individu 80-85% dan faktor lingkungan 15-20%
- d) Kecelakaan selalu menimbulkan kerugian
- e) Peran pimpinan sangat penting & menentukan

6.3. Pengertian K3

Keselamatan dan kesehatan kerja dapat diartikan sebagai suatu ilmu dan penerapannya dalam upaya mencegah kecelakaan, kebakaran, peledakan, pencemaran, penyakit, dan sebagainya.

a) Keselamatan (*safety*)

Keselamatan kerja diartikan sebagai upaya-upaya yang ditujukan untuk melindungi pekerja; menjaga keselamatan orang lain; melindungi peralatan, tempat kerja dan bahan produksi; menjaga kelestarian lingkungan hidup dan melancarkan proses produksi.

b) Kesehatan (*health*)

Kesehatan diartikan sebagai tingkat keadaan fisik dan psikologi individu. Secara umum, pengertian dari kesehatan adalah upaya-upaya yang ditujukan untuk memperoleh kesehatan yang setinggi-tingginya dengan cara mencegah dan memberantas penyakit yang diidap oleh pekerja, mencegah kelelahan kerja, dan menciptakan lingkungan kerja yang sehat.

6.4. Tujuan Penerapan K3

Tujuan utama penerapan K3 berdasarkan Undang-Undang No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja yaitu:

- a) Melindungi dan menjamin keselamatan setiap tenaga kerja dan orang lain di tempat kerja.
- b) Menjamin setiap sumber produksi dapat digunakan secara aman dan efisien.
- c) Meningkatkan kesejahteraan dan produktivitas nasional.

6.5. Kecelakaan Akibat Kerja (KAK)

Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor 03/Men/98, adalah suatu kejadian yang tidak dikehendaki dan tidak diduga semula yang dapat menimbulkan korban manusia dan atau harta benda.

Menurut Departemen Tenaga Kerja RI, arti kecelakaan kerja adalah suatu kejadian yang tiba-tiba atau yang tidak disangka-sangka dan tidak terjadi dengan sendirinya akan tetapi ada penyebabnya.

Menurut (*Heinrich et al., 1980*), kejadian yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan atau yang berpotensi menyebabkan rusak lingkungan. Selain itu, kecelakaan kerja atau kecelakaan akibat kerja adalah suatu kejadian yang tidak terencana dan tidak terkendali akibat dari suatu tindakan atau reaksi suatu objek, bahan, orang, atau radiasi yang mengakibatkan cedera atau kemungkinan akibat lainnya.

Cidera Akibat Kecelakaan Kerja

Pengertian cedera berdasarkan Heinrich et al. (1980) adalah patah, retak, cabikan, dan sebagainya yang diakibatkan oleh kecelakaan. *Bureau of Labor Statistics, U.S. Department of Labor* (2008) menyatakan bahwa

bagian tubuh yang terkena cidera dan sakit terbagi menjadi: a). Kepala, mata; b). Leher; c). Batang tubuh; bahu, punggung; d). Alat gerak atas; lengan tangan, pergelangan tangan, tangan selain jari, jari tangan; e). Alat gerak bawah; lutut, pergelangan kaki, kaki selain jari kaki, jari kaki; f). Sistem tubuh; dan g). Banyak bagian.

Tujuan menganalisa cidera atau sakit yang mengenai anggota bagian tubuh yang spesifik adalah untuk membantu dalam mengembangkan program mencegah terjadinya cidera karena kecelakaan. Sebagai contoh cidera mata dengan penggunaan kaca mata pelindung. Selain itu juga bisa digunakan untuk menganalisis penyebab alami terjadinya cidera karena kecelakaan kerja.

6.6. Klasifikasi Cidera Akibat Kecelakaan Kerja

Banyak standar referensi penerapan yang digunakan berbagai perusahaan, salah satunya adalah standar Australia AS 1885-1 (1990). Berikut adalah pengelompokan jenis cidera dan keparahannya:

- a) *Fatality*
- b) *Loss Time Injury*
- c) *Loss Time Day*
- d) *Restricted duty*
- e) *Medical Treatment Injury*
- f) *First aid injury*
- g) *Non Injury Incident*

Definisi *Rate* (Tingkat / Rasio / Jumlah)

- a) *Incident rate*. Adalah jumlah kejadian/kecelakaan cidera atau sakit akibat kerja setiap seratus orang karyawan yang dipekerjakan.
- b) *Frekwensi rate*. Adalah jumlah kejadian cidera atau sakit akibat kerja setiap satu juta jam kerja.
- c) *Loss Time Injury Frekwensi Rate*. Jumlah cidera atau sakit akibat kecelakaan kerja dibagi satu juta jam kerja.
- d) *Severity Rate*. Waktu (hari) yang hilang dan waktu pada (hari) pekerjaan alternatif yang hilang dibagi satu juta jam kerja.
- e) *Total Recordable Injury Frekwensi Rate*. Jumlah total cidera akibat kerja yang harus dicatat (MTI, LTI & Cidera yang tidak mampu bekerja) dibagi satu juta jam kerja.

6.7. Faktor Penyebab Terjadinya Kecelakaan Kerja

- a) Faktor manusia yang dipengaruhi pengetahuan, keterampilan dan sikap
- b) Faktor material yang memiliki sifat dapat memunculkan kesehatan atau keselamatan pekerja
- c) Faktor sumber bahaya yaitu:
 - 1) Perbuatan berbahaya, hal ini terjadi misalnya karena metode kerja yang salah, keletihan/kecapekan, sikap kerja yang tidak sesuai dan sebagainya
 - 2) Kondisi/keadaan bahaya, yaitu keadaan yang tidak ada dari keberadaan mesin atau peralatan, lingkungan, proses, sifat pekerjaan
- d) Faktor yang dihadapi, misalnya kurangnya pemeliharaan/perawatan mesin/peralatan sehingga tidak bisa bekerja dengan sempurna

6.8. Teori Penyebab Kecelakaan Kerja

a) Teori *Domino*

Konsep dasar model tersebut adalah:

- Kecelakaan sebagai suatu hasil dari serangkaian kejadian yang berurutan, dan tidak terjadi dengan sendirinya
- Penyebabnya adalah faktor manusia dan faktor fisik
- Kecelakaan tergantung kepada lingkungan fisik dan sosial kerja
- Kecelakaan terjadi karena kesalahan manusia

b) Teori *Bird & Loftus*

Kunci kejadian masih tetap sama seperti yang dikatakan oleh *Heinrich*, yaitu adanya tindakan dan kondisi tidak aman. *Bird* dan *Loftus* tidak lagi melihat kesalahan terjadi pada manusia/pekerja semata, melainkan lebih menyoroti pada bagaimana manajemen lebih mengambil peran dalam melakukan pengendalian agar tidak terjadi kecelakaan.

c) Teori *Swiss Cheese*

Kecelakaan terjadi ketika terjadi kegagalan interaksi pada setiap komponen yang terlibat dalam suatu sistem produksi. Kegagalan suatu proses dapat dilukiskan sebagai “lubang” dalam setiap lapisan sistem yang berbeda. Dengan demikian menjelaskan apa dari tahapan suatu proses produksi tersebut yang gagal.

Sebab-sebab suatu kecelakaan, dibagi menjadi:

- a. *Direct Cause* sangat dekat hubungannya dengan kejadian kecelakaan yang menimbulkan kerugian atau cedera pada saat kecelakaan tersebut terjadi.
- b. *Latent Cause* adalah suatu kondisi yang sudah terlihat jelas sebelumnya dimana suatu kondisi menunggu terjadinya suatu kecelakaan.

Kategori kecelakaan kerja:

1. Kecelakaan industri (*industrial accident*) yaitu kecelakaan yang terjadi di tempat kerja karena adanya sumber bahaya atau bahaya kerja.
2. Kecelakaan dalam perjalanan (*commuty accident*) yaitu kecelakaan yang terjadi di luar tempat kerja dalam kaitannya dengan adanya hubungan kerja.

Analisis kecelakaan kerja berguna untuk mengetahui: penyebab kecelakaan, akibat kecelakaan kerja langkah-langkah, dan pencegahannya. Penyebab kecelakaan kerja dapat karena perbuatan berbahaya atau keadaan berbahaya.

Tujuan Analisis Kecelakaan Kerja:

1. untuk menjawab pertanyaan “mengapa kecelakaan dapat terjadi”,
2. sehingga dapat ditentukan ”bagaimana mencegah agar kecelakaan sejenis tidak terjadi”

Ukuran statistik kecelakaan:

- a. Tingkat kekerapan (*Frequency rate, FR*)

$$FR = \frac{\text{Jumlah kecelakaan yang terjadi} \times 1.000.000}{\text{Jam kerja orang}}$$

- b. Tingkat keparahan (*Severity rate, SR*)

Tingkat keparahan dapat dihitung berdasarkan “jumlah hari yang hilang” akibat kecelakaan.

$$SR = \frac{\text{Jumlah hari hilang} \times 1.000.000}{\text{Jam kerja}}$$

Contoh:

PT. Umami pada semester I tahun 2002 mencatat dengan jumlah jam kerja 260.000 jam, telah terjadi kecelakaan kerja yang mengakibatkan: 1 orang kehilangan sebelah mata, 1 orang kehilangan sebelah ibu jari, 1 orang kehilangan kelingking, 15 orang tidak mampu masuk kerja selama 180 hari.

Analisis:

- 1 orang kehilangan sebelah mata = 1.800 hari
- 1 orang kehilangan sebelah ibu jari = 600 hari
- 1 orang kehilangan kelingking = 200 hari
- 15 orang tidak mampu masuk kerja selama 180 hari = 180 hari
- Jumlah = 2.780 hari

$$SR = \frac{2.780 \times 1.000.000}{260.000} = 10.692$$

Angka SR = 10.692 berarti perusahaan tersebut dalam 1.000.000 jam waktu produktif, telah kehilangan selama 10.692 hari. Dengan demikian kerugian perusahaan akibat terjadinya kecelakaan kerja dapat dinilai dengan uang.

Angka jumlah hari yang hilang tidak sama bagi seluruh negara, oleh *International Labour Organization* (ILO) ditetapkan angka-angka sebagai berikut:

1. Setiap kematian = 6.000 hari
2. Lumpuh sama sekali = 6.000 hari
3. Lumpuh sebagian, tangan hilang sebagian
 - a. dari sambungan kuku sampai siku = 4.500 hari
 - b. dari siku sampai pergelangan = 3.600 hari
4. Tangan dari pergelangan sampai sambungan jari = 3.000 hari
5. Ibu jari
 - a. dari permulaan sambungan sampai sambungan tengah = 600 hari
 - b. sesudah sambungan tengah = 300 hari

6.9. Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3)

Menurut *Institution of Occupational Safety and Health (IOSH)*: “ancaman kecelakaan di tempat kerja di negara berkembang seperti Indonesia masih sangat tinggi”. Menurut data *International Labor Organization (ILO)*, di Indonesia rata-rata per tahun terdapat 99.000 kasus kecelakaan kerja. Dari total jumlah itu, sekitar 70 persen berakibat fatal yaitu kematian dan cacat seumur hidup.

Menurut data Depnakertrans tahun 2007 jumlah perusahaan yang terdaftar sebanyak 190.267, tetapi yang sudah memenuhi kriteria Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) sesuai Permenaker No.05/Men/1996 baru mencapai 643 perusahaan, atau sebesar hampir 3,37 % sebuah angka yang masih sangat kecil untuk skala nasional. Hal ini mencerminkan masih sangat rendahnya komitmen manajemen dalam penerapan SMK3.

a) Asas Manajemen K3

Manajemen K3 pada dasarnya mencari dan mengungkapkan kelemahan operasional yang memungkinkan terjadinya kecelakaan. Fungsi ini dapat dilaksanakan dengan 2 cara: Mengungkapkan sebab suatu kecelakaan (akarnya), dan Meneliti apakah pengendalian secara cermat dilaksanakan atau tidak.

Kelemahan operasional yang menimbulkan kecelakaan tidak terlepas dari: perencanaan yang kurang lengkap; keputusan yang tidak tepat; dan salah perhitungan, pertimbangan, dan praktik manajemen yang kurang mantap.

b) Dasar SMK3

Sistem manajemen K3 telah diatur menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia, yaitu Permenaker No.05/MEN/1996, yang dinyatakan bahwa: Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) merupakan bagian dari sistem manajemen secara keseluruhan, yang meliputi: Struktur organisasi, Perencanaan, Tanggung jawab, Pelaksanaan, Prosedur, Proses, Sumber daya yang dibutuhkan bagi pengembangan, Penerapan, Pencapaian, Pengkajian, dan Pemeliharaan kebijakan keselamatan dan kesehatan kerja dalam pengendalian risiko

yang terjadi seminimal mungkin berkaitan dengan kegiatan kerja guna terciptanya tempat kerja yang aman, efisien dan produktif.

Menurut *Occupational Health and Safety Assessment Series* (OHSAS) 18001:2007 *OHS Management system: part of an organization's management system used to develop and implement its OH & S policy and manage OH&S Risks.*

- 1) *A Management system is a set of interrelated elements used to establish policy and objectives and to achieve those objectives.*
- 2) *A management systems includes organizational structure, planning activities (including for example, risk assessment and the setting of objectives), responsibilities, practices, procedures, process and resources.*

Di Indonesia sendiri telah dikembangkan SMK3 dari Departemen Tenaga Kerja RI, dan telah diimplementasikan oleh berbagai perusahaan. Audit SMK3 dilakukan oleh PT. Sucofindo. Audit adalah pemeriksaan secara sistematis dan independen untuk menentukan suatu kegiatan hasil-hasil yang berkaitan dengan prosedur yang direncanakan dan dilaksanakan secara efektif. Audit ini bertujuan untuk membuktikan dan mengukur tingkat keberhasilan pelaksanaan dan penerapan SMK3 di tempat kerja.

c) Tujuan SMK3

- 1) Sebagai alat ukur kinerja K3 dalam organisasi. Pengukuran ini dilakukan melalui audit sistem manajemen K3.
- 2) Sebagai pedoman implementasi K3 dalam organisasi. Beberapa sistem manajemen dapat dipakai acuan antara lain: SMK3 dari Depnaker, *ILO OHSMS Guidelines*, *API HSEMS Guidelines*, *Oil and Gas Producer Forum (OGP) HSEMS Guidelines*, dsb.
- 3) Sebagai dasar penghargaan. Penghargaan dapat dilakukan oleh instansi pemerintah dan lembaga tsb di atas. Penghargaan SMK3 diberikan oleh Depnaker.
- 4) Sebagai sertifikasi. Penerapan sistem manajemen K3 dapat juga oleh perusahaan untuk memperoleh sertifikasi SMK3 pada kurun waktu tertentu. Sertifikat diberikan oleh lembaga auditor, yang telah diakreditasi oleh Badan Standar Nasional

Dari berbagai sistem manajemen K3 yang telah ada dan dikembangkan, diperlukan badan yang bertugas melakukan standarisasi yang diakui secara global. Terkait hal tersebut dikembangkan sistem penilaian kinerja K3 yang dikenal dengan OHSAS 18000 (*Occupational Health and Safety Assessment Series*) terdiri:

- 1) OHSAS 18001 sebagai Standar atau Persyaratan SMK3, dan
- 2) OHSAS 18002 sebagai pedoman pengembangan dan penerapannya.

d) Kebijakan Manajemen

Undang-Undang No.13 Tahun 2003 tentang ketenagakerjaan pasal 87, yang menyatakan bahwa *setiap perusahaan wajib menerapkan sistem manajemen K3 yang diintegrasikan dalam manajemen perusahaan secara umum.*

Peraturan SMK3:

- 1) Peraturan Menteri Tenaga Kerja RI, Nomor: PER.05/MEN/1996 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (disingkat SMK3);
- 2) Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja.

Selama kebijakan manajemen tidak menghilangkan “kondisi” dan “perbuatan” tidak aman (potensi bahaya), maka potensi terjadinya kecelakaan tetap akan mengancam. Dengan penerapan SMK3 di perusahaan, diharapkan angka kecelakaan kerja dapat direduksi, sehingga perusahaan semakin efisien dan produktif.

BAGIAN KEDUA:
MANAJEMEN PEMELIHARAAN

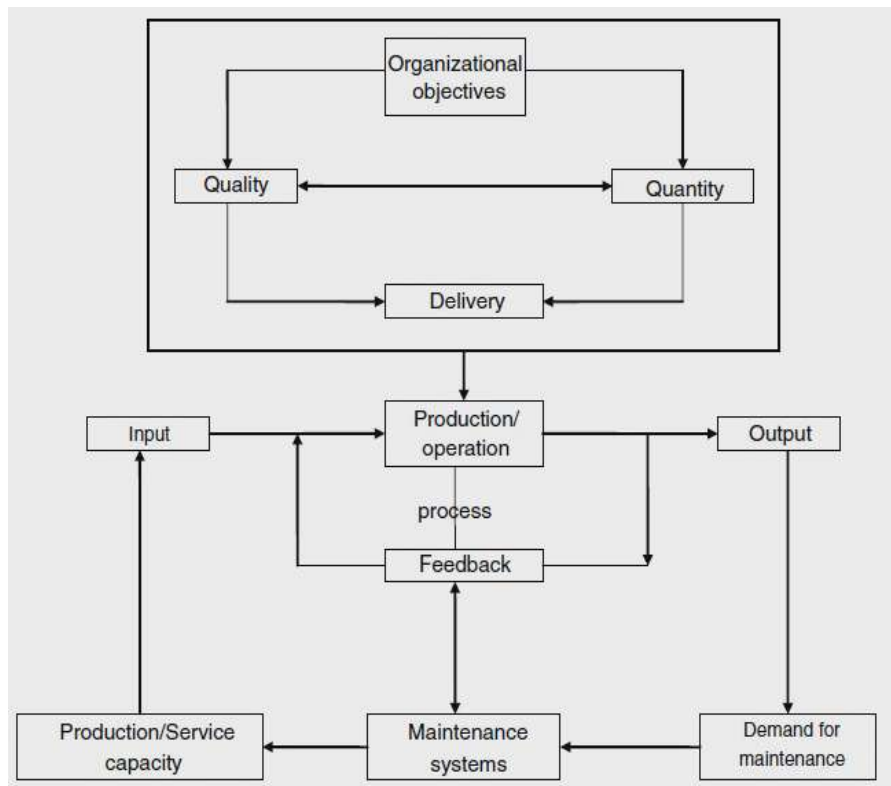
7. MAINTENANCE SYSTEM

Di era pasar yang kompetitif dan ekonomi yang selalu berubah, ada dorongan kuat bagi perusahaan jasa dan manufaktur untuk menanggapi tuntutan pelanggan serta menghasilkan produk berkualitas tinggi tepat waktu. Perkembangan ini mengedepankan peran pemeliharaan sebagai kegiatan utama pada bidang jasa dan manufaktur.

7.1. Pendekatan Strategis Sistem Holistik

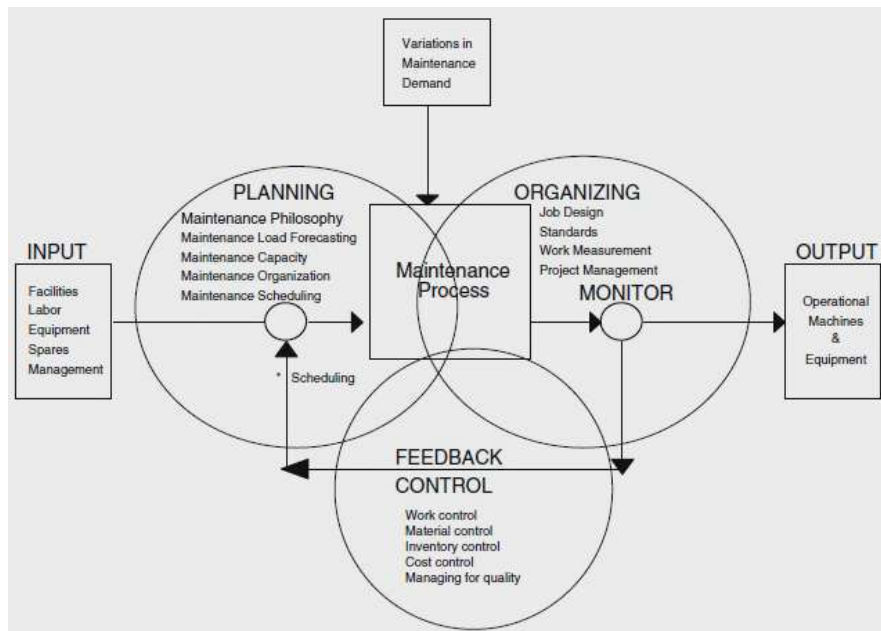
Pemeliharaan (*maintenance*) dapat diartikan sebagai serangkaian kegiatan yang dilakukan agar peralatan atau sistem tetap dalam kondisi yang stabil atau dikembalikan sesuai fungsi yang telah dirancang. Sistem adalah sekumpulan komponen yang bekerja bersama menuju tujuan yang sama. Pemeliharaan dapat dianggap sebagai satu paket sistem bersama-sama dengan proses-proses dan kegiatan produksi dan layanan untuk mencapai tujuan yang sama.

Output primer dari sistem produksi adalah barang jadi dan output sekundernya adalah peralatan yang mengalami penurunan kondisi/rusak. Output sekunder ini merupakan input bagi *maintenance* dalam perannya untuk menjadikan kondisi mesin/peralatan yang rusak agar berfungsi normal kembali (Gambar 17). Sistem *maintenance* meminimalisasi *downtime* mesin dan meningkatkan produktivitas produksi serta kualitas, dan ketepatan waktu pengiriman produk



Gambar 17. Hubungan antara sistem pemeliharaan dan tujuan organisasi

Sistem *maintenance* dapat dilihat sebagai integrasi input-output, dengan menyertakan di dalamnya kegiatan yang diperlukan untuk membuat sistem ini efisien dan efektif termasuk perencanaan, pengorganisasian, pengendalian (Gambar 18).



Gambar 18. Sistem pemeliharaan

7.2. Kegiatan Perencanaan

Kegiatan perencanaan umumnya meliputi: aliansi sistem strategis, strategi pemeliharaan, perkiraan beban pemeliharaan, kapasitas pemeliharaan, organisasi pemeliharaan, dan penjadwalan pemeliharaan.

a) Aliansi sistem strategis

Departemen pemeliharaan harus memiliki rencana strategis sendiri yang selaras dengan tujuan strategis organisasi dan dikelola dengan efisiensi dan efektivitas maksimum dengan pendekatan sistem holistik. Dengan demikian akan terjadi aliansi sistem strategis antara bagian pemeliharaan dengan keseluruhan organisasi.

b) Strategi pemeliharaan

Strategi pemeliharaan berikut ini dapat memainkan peran efektif jika diterapkan dalam perpaduan yang tepat, yaitu: a). Pemeliharaan korektif /perbaikan; b). Pemeliharaan preventif /pencegahan (pencegahan berbasis waktu atau penggunaan dan pencegahan berbasis kondisi); c). Pemeliharaan peluang; d). Menemukan kerusakan; e). Modifikasi desain;

f). Pemeliharaan menyeluruh; g). Penggantian; h). *Reliability-Centered Maintenance* (RCM); i). *Total Productive Maintenance* (TPM).

c) Perkiraan beban pemeliharaan

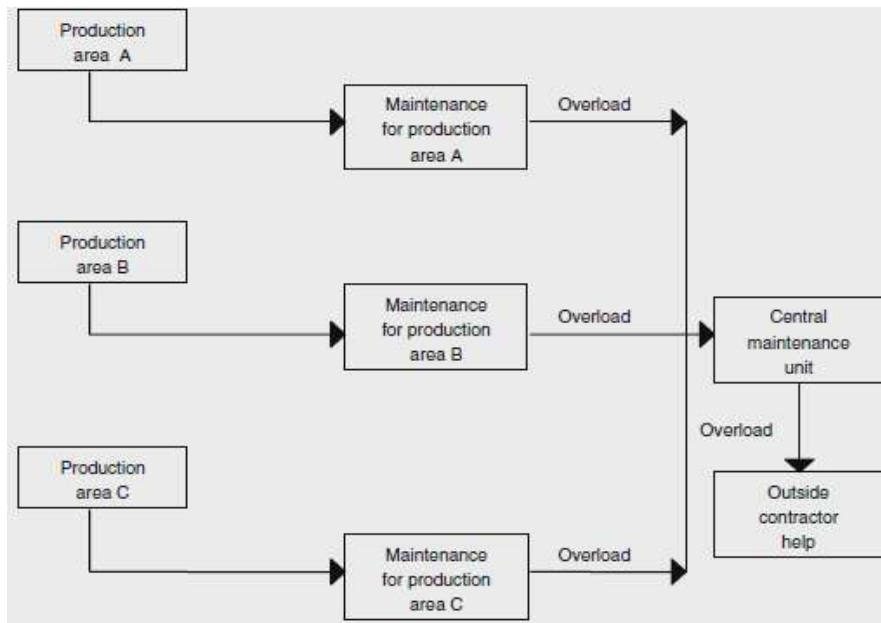
Beban pemeliharaan di pabrik bervariasi antara lain dipengaruhi oleh faktor: usia peralatan, tingkat penggunaannya, pemeliharaan kualitas, iklim, dan keterampilan teknisi. Perkiraan beban pemeliharaan sangat penting untuk mencapai tingkat efektivitas yang diinginkan dan pemanfaatan sumber daya, dan tanpa itu banyak fungsi pemeliharaan tidak dapat dilakukan dengan baik. Berdasarkan faktor-faktor ini, tingkat tanggung jawab pemeliharaan dapat diatur berdasarkan departemen, area, atau pusat.

d) Kapasitas pemeliharaan

Perencanaan kapasitas pemeliharaan menentukan sumber daya yang dibutuhkan untuk memenuhi permintaan pekerjaan pemeliharaan. Sumber daya tersebut termasuk tenaga kerja, material, suku cadang, peralatan. Aspek penting dari kapasitas pemeliharaan adalah jumlah dan keterampilan teknisi, alat yang dibutuhkan, dll.

e) Organisasi pemeliharaan

Faktor-faktor yang memengaruhi organisasi pemeliharaan yaitu: beban pemeliharaan, jenis organisasi, dan keterampilan teknisi. Organisasi besar biasanya menggunakan pemeliharaan desentralisasi, namun ada yang dengan sistem terpusat juga ada yang gabungan (*cascade*) (Gambar 19).



Gambar 19. Sistem gabungan (*cascade*)

f) Penjadwalan pemeliharaan

Penjadwalan pemeliharaan adalah proses menetapkan sumber daya dan tenaga kerja pada pekerjaan yang harus diselesaikan pada waktu-waktu tertentu.

7.3. Kegiatan Desain dan Pengelolaan

Kegiatan desain dan pengelolaan biasanya meliputi: desain pekerjaan, standar waktu, dan manajemen proyek.

a) Desain Pekerjaan

Desain pekerjaan yang terkait dengan pekerjaan pemeliharaan, terdiri dari isi pekerjaan dari setiap pekerjaan dan menentukan metode yang akan digunakan, alat khusus yang dibutuhkan, dan tenaga terampil yang dibutuhkan.

b) Standar Waktu

Setelah tugas pemeliharaan melewati tahap desain pekerjaan, kegiatan berikutnya yang perlu dilakukan adalah memperkirakan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut. Hal ini biasanya

dibuat suatu penetapan standar waktu untuk setiap langkah pekerjaan yang direncanakan sehingga di akhir tahap ini akan diperoleh estimasi waktu yang dibutuhkan secara keseluruhan.

c) Manajemen Proyek

Perbaikan besar-besaran yang direncanakan dan layanan pemeliharaan preventif dilakukan secara berkala di sebagian besar pabrik skala besar. Selama periode ini, seluruh bagian pabrik ditutup.

7.4. Kegiatan Pengendalian

Adalah bagian penting dari manajemen ilmiah. Pengendalian yang diterapkan pada sistem pemeliharaan adalah: Pengendalian kerja, Pengendalian inventori, Pengendalian biaya, dan Pengendalian kualitas.

a) Pengendalian Kerja

Sistem perawatan didorong oleh permintaan pekerjaan pemeliharaan. Beban kerja perawatan sangat dipengaruhi oleh strategi pemeliharaan. Perintah kerja yang dirancang dengan baik dengan sistem pelaporan yang baik adalah inti dari sistem pemeliharaan.

b) Pengendalian Inventori

Kontrol inventori adalah teknik mempertahankan suku cadang dan bahan pada tingkat yang diinginkan. Sangat penting dipertahankan tingkat suku cadang optimal yang meminimalkan biaya penyimpanan barang dalam gudang dan biaya yang muncul jika suku cadang tidak tersedia.

c) Pengendalian biaya

Kontrol biaya pemeliharaan adalah fungsi dari : filosofi perawatan, operasi pola, jenis sistem, prosedur serta standar, yang diadopsi oleh organisasi. Kontrol biaya pemeliharaan mengoptimalkan semua biaya pemeliharaan, dalam rangka mencapai tujuan organisasi yang ditetapkan seperti ketersediaan, "tingkat kualitas," efisiensi dan efektivitas.

d) Pengendalian kualitas

Kontrol kualitas dilakukan dengan mengukur atribut produk atau layanan dan membandingkannya dengan spesifikasi produk atau layanan masing-masing. Kualitas dapat dinilai sebagai persentase pekerjaan pemeliharaan yang diterima sesuai dengan standar yang diadopsi oleh organisasi. Kualitas tinggi biasanya dijamin dengan memeriksa pekerjaan pemeliharaan yang penting atau dengan pengawasan pemeliharaan.

7.5. Mengelola Kualitas dan Pelatihan

Mengelola kualitas adalah tanggung jawab pihak manajerial. Biasanya, manajer pemeliharaan tidak sepenuhnya sadar akan pentingnya meningkatkan pemeliharaan kualitas produksi. Teknisi pemeliharaan yang bekerja di bawah standar kualitas perlu diidentifikasi, caranya yaitu dengan diberi pekerjaan berulang dan diberi penilaian. Selanjutnya analisis dapat dilakukan untuk menemukan penyebab pekerjaan yang kurang lancar tersebut. Bila perlu teknisi pemeliharaan dapat diikutkan ke dalam program pelatihan intensif yang akan dapat meningkatkan kualitas kerjanya.

Reliability Centered Maintenance (RCM)

RCM adalah strategi tingkat tinggi yang dapat menghasilkan pemeliharaan preventif yang berfokus pada fungsi dari sistem dan peralatan. Prinsip dari metode pemeliharaan ini adalah pada peningkatan keandalan mesin atau peralatan. Metode ini telah diterapkan di beberapa industri yang mencakup nuklir, energi, dan petrokimia.

Total Productive Maintenance (TPM)

TPM adalah pendekatan untuk mengelola pemeliharaan dengan membawa manajemen kualitas total. TPM bergantung pada peralatan, peran manajemen, dan pemberdayaan karyawan.

Pemeliharaan Cerdas

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi memberikan kemungkinan pemeliharaan yang efektif dan cerdas. Perkembangan ini memungkinkan untuk memonitor peralatan, mentransfer data, berbagi informasi, menganalisis data dengan sistem terintegrasi, dan mengkoordinasikan kegiatan melalui web.

Kebiasaan Manusia

Dalam menjalankan fungsi perencanaan, pengorganisasian, dan pengendalian, manajer pemeliharaan perlu memperhatikan bagaimana ketiga fungsi itu dapat mempengaruhi perilaku manusia. Manajer pemeliharaan juga harus mencoba untuk mengetahui bagaimana perilaku

bawahan dapat mempengaruhi tindakan manajemen perencanaan, pengelolaan, dan pengendalian.

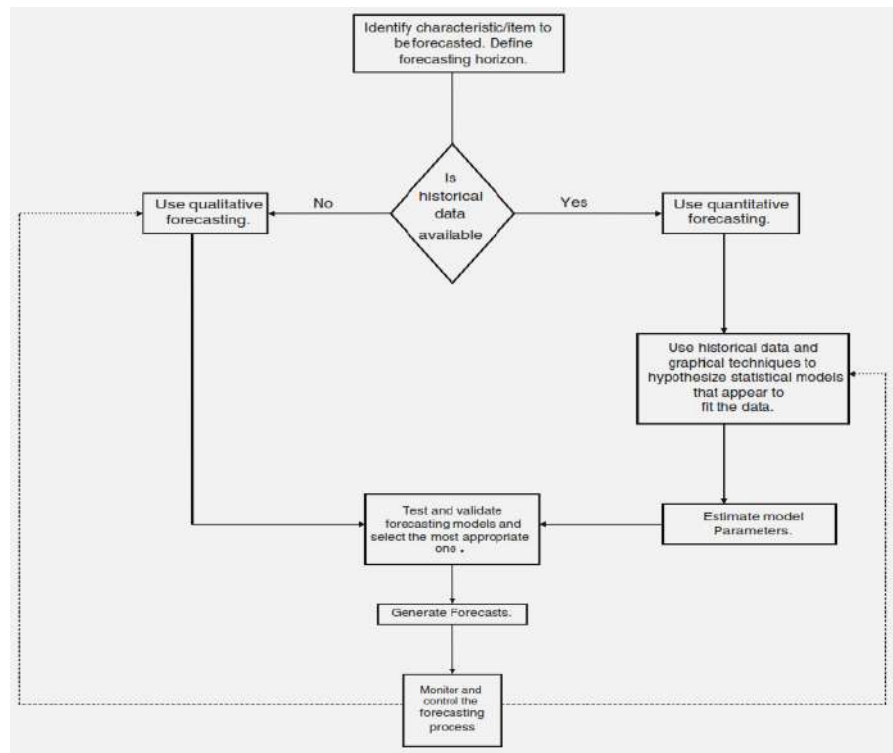
8. MAINTENANCE STRATEGIC AND CAPACITY PLANNING

Perencanaan adalah salah satu fungsi utama dan penting untuk manajemen yang efektif. Perencanaan biasanya dibagi menjadi tiga, tergantung pada tujuan dan perencanaannya adalah sebagai berikut:

- a) perencanaan jangka panjang (mencakup periode lima tahun atau lebih)
- b) perencanaan jangka menengah (mencakup 1 bulan hingga 3 tahun)
- c) perencanaan jangka pendek (rencana harian, mingguan, dan bulanan)

8.1. *Forecasting*

Forecasting (teknik peramalan) dibedakan dengan metode kualitatif dan kuantitatif (Gambar 20). Metode peramalan kualitatif didasarkan pada pengalaman para ahli dan rekayasawan. Metode peramalan kuantitatif didasarkan pada model matematis hasil analisa data historis maupun tren ke depan.



Gambar 20. Peramalan kualitatif & kuantitatif

8.2. Teknik Peramalan Kualitatif

Ketiadaan data pada metode kualitatif menyebabkan analisis harus membuat sistematisasi hasil keputusan dan pertimbangan dari para ahli / rekayasawan.

8.3. Teknik Peramalan Kuantitatif

Model ini mengasumsikan pola data (tren) berdasarkan data sebelumnya, atau bahwa variabel independen dapat memberikan model atau hubungan relasional untuk memperkirakan karakteristik yang diteliti. Beberapa metode kuantitatif yaitu: *simple moving average*, *weighted moving average*, *regresion analysis*, *exponential smoothing*, *seasonal forecasting*.

Moving Average (MA)

Metode *Moving Average* (MA) menggunakan rata-rata beberapa data terakhir sebagai data prakiraan masa berikutnya. Metode ini sangat sederhana karena berusaha merata-ratakan beberapa data terakhir. Periode waktu kumpulan data tersebut dapat berupa Tahunan, Bulanan, Mingguan bahkan Harian

Weighted Moving Average (WMA)

Weighted Moving Average (WMA) berusaha meramalkan dengan menggunakan beberapa data terakhir dengan memberikan bobot yang berbeda-beda. Hal ini bisa didasarkan jika pengaruh data yang lebih baru adalah lebih besar dari data yang lebih lama terhadap keadaan di masa datang. Metode rata-rata bergerak akan efektif diterapkan apabila permintaan pasar terhadap produk diasumsikan stabil sepanjang waktu.

Analisis Regresi

Analisis regresi dalam statistika adalah salah satu metode untuk menentukan hubungan sebab-akibat antara satu variabel dengan variabel-variabel) yang lain. Analisis Regresi antara harga terhadap penjualan barang, Perhitungan untuk perawatan dan produksi.

Exponential Smoothing

Exponential smoothing adalah teknik *rule of thumb* untuk meratakan data deret waktu menggunakan fungsi jendela eksponensial. Fungsi eksponensial digunakan untuk menetapkan bobot yang menurun secara eksponensial seiring waktu. *Exponential smoothing* sering digunakan untuk analisis data *time-series*.

Seasonal Forecasting

Seasonal forecasting adalah metode statistik untuk menghapus komponen *season* (musiman) dari seri waktu yang menunjukkan pola *season*. Ini biasanya dilakukan ketika ingin menganalisis tren, dan penyimpangan siklus dari tren, dari serangkaian waktu secara independen dari komponen *season* (musiman).

8.4. Peramalan Beban Pemeliharaan

Sebelum merencanakan kapasitas dan merancang sistem pemeliharaan baru, perlu dilakukan perkiraan beban pemeliharaan yang diharapkan. Beban pemeliharaan tersebut meliputi:

- a) Beban kerja pemeliharaan darurat
- b) Beban kerja pemeliharaan preventif
- c) Pemeliharaan korektif yang ditangguhkan
- d) *Shutdown, turnaround*, dan modifikasi desain

Setelah pabrik beroperasi, kesalahan dalam peramalan dan standar pekerjaan dapat menyebabkan *backlog*. Pendekatan alternatif adalah melakukan peramalan dengan memeriksa *backlog* pemeliharaan. Kegunaan menghitung *backlog* untuk pekerjaan terencana terlihat ketika perkiraan muatan dilakukan untuk pekerjaan minggu atau bulan berikutnya.

8.5. Perencanaan Strategis Pemeliharaan

Di masa lalu, pemeliharaan tidak dianggap sebagai unit strategis dalam organisasi, tetapi belakangan ini telah berubah para peneliti dan pembuat keputusan pemeliharaan telah mengedepankan peran strategis pemeliharaan. Perencanaan strategis pemeliharaan adalah proses memastikan aliansi misi pemeliharaan, tujuan, sasaran, dan program dengan misi dan tujuan organisasi.

Sepuluh langkah berikut disarankan untuk digunakan dalam kerangka perencanaan:

- a) Manajemen puncak mengembangkan misi organisasi, sasaran strategis, dan tujuan
- b) Manajemen pemeliharaan meninjau misi dan tujuan organisasi
- c) Manajemen pemeliharaan menganalisis situasi internal dan eksternal saat ini menggunakan metode SWOT
- d) Manajemen pemeliharaan memformulasikan peran yang teridentifikasi sebagai pernyataan misi untuk pemeliharaan dan mengembangkan tujuan dan sasaran strategis
- e) Sejajarkan dan memprioritaskan sasaran, tujuan, dan program perawatan pemeliharaan dengan misi pemeliharaan

- f) Manajemen pemeliharaan memeriksa keselarasan tujuan dan sasaran strategis pemeliharaan dengan misi pengaturan organisasi dan tujuan dan sasaran strategis
- g) Manajemen pemeliharaan mengembangkan program pemeliharaan untuk mencapai sasaran dan tujuan strategis yang ditetapkan
- h) Kembangkan seperangkat ukuran kinerja kuantitatif untuk mempertahankan tujuan dan sasaran strategis pemeliharaan
- i) Evaluasi secara berkala kemajuan menuju pencapaian tujuan dan sasaran menggunakan ukuran kinerja dan identifikasi kesenjangan antara situasi aktual dan yang diinginkan
- j) Identifikasi akar penyebab kesenjangan dan terapkan tindakan korektif yang efektif

Isu strategis dalam pemeliharaan yang dapat diidentifikasi:

- a) Cara pelaksanaan: *in-house*, *outsource*, atau kombinasi keduanya
- b) Organisasi pemeliharaan, termasuk fungsi-proses-jaringan; bentuk struktur organisasi: terpusat/sentralisasi, desentralisasi, atau kombinasi keduanya/*cascade*
- c) Struktur dan kontrol kerja, ini tergantung pada bentuk supervisi & pelaporannya. Sistem pendukung: sistem informasi, pelatihan staf, sistem *reward* & penilaian kinerja

8.6. Perencanaan Kapasitas Pemeliharaan

Langkah-langkah dalam perencanaan kapasitas:

- a) Tentukan total beban pemeliharaan
- b) Perkirakan suku cadang dan material yang diperlukan
- c) Tentukan peralatan yang diperlukan untuk semua jenis pekerjaan
- d) Tentukan jenis keterampilan dan jumlah teknisnya masing-masing
- e) Menyiapkan spesialisasi untuk rencana khusus

Teknik perencanaan kapasitas terdiri dari: deterministik dan stokastik. Pendekatan deterministik mengandaikan beban pemeliharaan, waktu standar, dan semua variabel randomnya dianggap tetap/konstan. Teknik deterministik untuk perencanaan kapasitas ada dua, yaitu: metode tabel heuristik dan pemrograman linier.

Pendekatan stokastik mengandaikan beban pemeliharaan, waktu datangnya job, & semua variabel randomnya dianggap tidak tetap tetapi memperhitungkan distribusi probabilitas dan menggunakan metode statistik tertentu. Teknik stokastik untuk perencanaan kapasitas ada dua, yaitu: model antrian dan simulasi diskret.

Metode Tabel Heuristik

Dalam perencanaan kapasitas pemeliharaan, metode tabel heuristik digunakan untuk mengevaluasi biaya tiap alternatif, dan rencana biaya minimum yg dipilih; metodenya hampir mirip dengan '*lest-cost*' di perencanaan produksi.

Jadi, pada tabel di sisi kiri merupakan asal sumber daya (*reguler, overtime, outsource*) dan kolom kiri adalah periode jobs; kemudian pada bagian sisi kanan merupakan kapasitas pemeliharaan setiap sumber daya tadi, sedangkan pada bagian baris paling bawah adalah beban pemeliharaan yang harus dikerjakan di tiap periodenya 1-2-3. Adapun cost/biaya pemeliharaan tertera di tiap sel (yang tertera di pojok sel).

Ketika kapasitas di job periode 1 telah terpenuhi, maka bisa lanjut untuk job berikutnya di periode ke-2; bila itu masih belum terpenuhi beban pemeliharaannya, maka perlu mengambil langkah overload atau bila masih kurang juga perlu diambil '*outsourcing*' lihat contoh tabel. Hasil akhir perhitungan adalah perkalian dari tiap sel pada tabel; biaya dikalikan dengan beban pemeliharaannya kemudian dijumlahkan untuk keseluruhan sehingga akan memperoleh biaya total / *total cost* (TC).

Asumsikan bahwa Anda memiliki tiga periode waktu dengan 400, 300, dan 500 beban perawatan. Kapasitas reguler adalah 200, 350, dan 300 untuk periode 1, 2, dan 3. Jam lembur paling banyak 25% dari kapasitas internal. Subkontrak berlimpah, tidak ada batasan pada sumber ini. Biaya melakukan satu jam kerja di rumah diambil menjadi 1 unit, jam kerja lembur lebih mahal 50% dari waktu reguler ini, yaitu 1,5 unit, dan biaya subkontrak adalah 2 unit. Biaya *baglog* (pekerjaan yang belum selesai) untuk tiap satu jam $p = 0,3$. Kapasitas untuk subkontrak dapat menjadi besar dalam contoh ini, diambil hingga 500 jam kerja.

Periods	Sources	Period			Capacity
		1	2	3	
1	Regular Time	1 200	8	∞	200
	Overtime	1.5 40	∞	∞	40
	Subcontract	2 30	∞	∞	500
2	Regular Time	1.3 50	1 300	∞	350
	Overtime	1.8 80	1.5	∞	80
	Subcontract	2.3	2	∞	500
3	Regular Time	1.6	1.3	1 300	300
	Overtime	2.1	1.8	1.5 75	75
	Subcontract	2.6	2.3	2 125	500
Maintenance load		400	300	500	

$$\begin{aligned}
 TC &= 1 \times 200 + 1.5 \times 40 + 2 \times 30 + 1.3 \times 50 + 1.8 \times 80 + 1 \times 300 + 1 \times 300 + 1.5 \times 75 + 2 \times 125 \\
 &= 1491.5 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

Metode *Linear Programming*

Dalam perencanaan kapasitas pemeliharaan, metode *linear programming* berupa model matematis.

Misalkan diperkirakan bahwa beban pemeliharaan mekanis adalah 100 jam kerja dibagi menjadi dua kelas: 60 jam kelas 1 dan 40 jam kelas 2. Klasifikasi kelas didasarkan pada keterampilan yang dibutuhkan pekerjaan. Kapasitas dalam jam kerja untuk pekerjaan ini dapat disediakan dari dua keterampilan pekerja, yaitu keterampilan 1 dan keterampilan 2. Kedua keterampilan pekerja dapat melakukan dua jenis pekerjaan mekanik tetapi dengan produktivitas yang berbeda. Produktivitas *skill* satu pekerja masing-masing adalah 0,75 dan 0,8 untuk pekerjaan mekanik tingkat 1 dan 2. Produktivitas keterampilan dua pekerja adalah 0,5 untuk kelas 1 dan 0,7 untuk pekerjaan kelas 2. Biaya satu orang-jam keterampilan 1 pekerja adalah 30 dolar, dan biaya satu orang-jam keterampilan 2 pekerja adalah

20 dolar. Tujuannya adalah untuk menentukan jumlah jam kerja dari masing-masing tingkat keterampilan yang ditugaskan pekerja untuk melakukan beban pemeliharaan (pekerjaan) dengan biaya minimum.

Fungsi obyektifnya adalah untuk meminimalkan jumlah biaya pemenuhan beban yang diperlukan dari dua tingkat keterampilan. Model pemrograman linier untuk menentukan kapasitas kerja mekanik dalam contoh di atas adalah:

$$\text{Min } 30(x_{11} + x_{12}) + 20(x_{21} + x_{22})$$

Subject to

$$0.75x_{11} + 0.5x_{21} \geq 60$$

$$0.8x_{12} + 0.7x_{22} \geq 40$$

$$x_{11}, x_{12}, x_{21}, x_{22} \geq 0$$

Teknik Stokastik untuk Perencanaan Kapasitas

Queuing models dan simulasi stokastik adalah dua teknik penting untuk perencanaan kapasitas. *queuing models* mengatasi situasi dimana satu pelanggan datang di tempat *service*, dan dilayani oleh server selanjutnya bila sudah selesai akan meninggalkan fasilitas *service* hasil dari teori antrean memungkinkan kita untuk mengevaluasi kinerja sistem di bawah konfigurasi yang berbeda; *queuing model* telah digunakan untuk menentukan staf pemeliharaan

Elemen penting lainnya di model antrean adalah:

- a) Distribusi kedatangan
- b) Disiplin layanan, yang mengacu pada cara dimana pelanggan dipilih untuk dilayani, seperti urutan pelayanan sesuai dengan antrean atau pelayanan sesuai dengan prioritas tertentu
- c) Desain fasilitas, yang mengacu pada jumlah server dan desain antrean (paralel, seri, tandem, jaringan)
- d) Ukuran antrean (terbatas, tidak terbatas)
- e) Kuota untuk *customer* (terbatas, tak terbatas), dan
- f) Perilaku manusia (pelanggan).

Simulasi Stokastik

Simulasi stokastik adalah proses merepresentasikan suatu sistem pada komputer dan kemudian menggunakan skenario, untuk mengevaluasi sistem kinerja. Dengan menggunakan proses ini, sistem dapat dianalisis, direncanakan, dan dirancang.

Simulasi stokastik menawarkan alternatif ketika pembuat keputusan tertarik pada sistem yang sedang dipertimbangkan itu rumit. Dalam simulasi stokastik, sistem *maintenance* dilakukan oleh komputer dan eksperimen digunakan untuk evaluasi kerja sistem. Eksperimen dijelaskan untuk perencanaan kapasitas sistem *maintenance* seperti alokasi staf pemeliharaan dan keterampilan, di bawah kebijakan serta prosedur perawatan tertentu. Ukuran kinerja dapat meliputi biaya, pemanfaatan sumber daya, serta peralatan yang ada

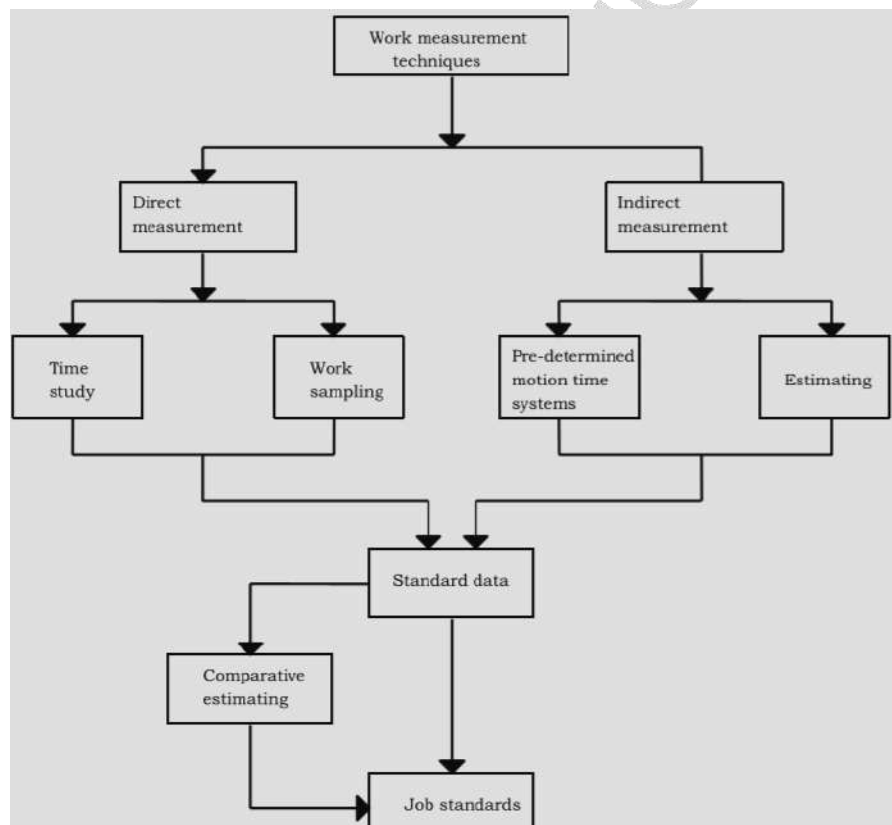
Contract Maintenance

Mengalihdayakan aktivitas pemeliharaan itu umum di seluruh industri dan sektor publik. Prinsipnya adalah bahwa aspek pemeliharaan tertentu yang dapat dilakukan secara efektif dan dengan biaya lebih rendah daripada sumber daya internal.

Pemeliharaan alihdaya selama periode puncak (*high season*) lebih efektif dalam sebagian besar pekerjaan ketika proyek atau tugas yang terbatas dapat diperkirakan dan dialihdayakan sebagai paket kerja, seperti yang biasanya dilakukan untuk ekspansi atau modifikasi modal proyek. Ini memungkinkan kru kontrak terpisah untuk bekerja bersama di luar Perencanaan Strategis dan Kapasitas Perawatan struktur organisasi sehari-hari dari pabrik atau fasilitas.

9. MAINTENANCE WORK MEASUREMENT

Efektivitas manajemen pemeliharaan dapat direncanakan jika tujuan untuk mengevaluasi dan meningkatkan kinerja pemeliharaan tersebut ditetapkan dan diimplementasikan. Pengukuran kinerja pemeliharaan biasanya dilakukan untuk mengetahui seberapa tingkat keberhasilan maupun efektivitasnya. Teknik pengukuran kerja pemeliharaan dapat dilakukan dalam dua cara: Langsung dan Tidak Langsung.



Gambar 21. Teknik pengukuran kerja

Pada Gambar 21 diperlihatkan skema teknik pengukuran kerja pemeliharaan dibagi menjadi dua, yaitu pengukuran langsung dan pengukuran tidak langsung. Pada pengukuran langsung masih dibagi lagi menjadi dua yaitu: *time study* dan *work sampling*. Sementara untuk pengukuran tidak langsung juga dibagi menjadi dua, yaitu: *predetermined motion time system* dan *estimating*. Berikut ini penjelasan dari masing-masing metode pengukuran tersebut.

9.1. Time Study

Yang dimaksud dengan *time study* adalah memilah pekerjaan. Pekerjaan yang dipilah harus distandarisasi dalam hal peralatan dan material serta operator yang berkualitas. Memecah pekerjaan menjadi elemen-elemen mesin yang harus dipisahkan dari elemen manual. Elemen harus mudah diidentifikasi dan juga elemen yang terkait dengan pekerjaan pemeliharaan harus disimpan. Elemen waktu dikategorikan ke data standar. Elemen waktu serupa dari beberapa pekerjaan dapat dibandingkan untuk mempertahankan pekerjaan standar seragam pekerja yang memenuhi syarat akan mengambil elemen di bawah standar kinerjanya.

Setelah melakukan pemilahan pekerjaan menjadi elemen yang berikutnya dilakukan adalah mengamati pekerjaan. Pekerjaan harus diamati waktunya dengan tingkat akurasi yang diinginkan untuk standar pekerjaan dan level signifikansi yang diperlukan.

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \sigma}{A\mu} \right)^2$$

Dengan:

n = jumlah total waktu pengamatan yang harus diambil untuk memberikan keakuratan yang diinginkan

μ = waktu aktivitas

A = Akurasi yang diinginkan.

$Z_{\alpha/2}$ = standar deviasi normal yang memiliki $1/2 \alpha$

σ = standar deviasi dari populasi

Sampel awal dari n_1 dan μ oleh S dan X , masing-masing Pengganti S dan X (mean sampel), bukan σ dan μ di persamaan. Jika $n < n_1$, berhenti; jika tidak, biarkan $n = n_1$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^6 x_i}{6}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \left(\frac{(\sum x_i)^2}{n}\right)}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.0389 - \frac{(0.47)^2}{6}}{5}} = 0.0204$$

$$n = \left[\frac{Z_{\alpha/2} S}{A \bar{X}} \right]^{1/2} = \left[\frac{1.96(0.0204)}{0.1(0.07833)} \right]^{1/2} = 26$$

Waktu dasar untuk suatu pekerjaan adalah waktu yang dibutuhkan pekerja yang berkualitas untuk melakukan pekerjaan dengan kecepatan standar. Waktu dasar (BT) dihitung menggunakan rumus:

$$BT = OT \left(\frac{\text{Rating}}{\text{Standard Rating}} \right)$$

Keterangan:

Waktu Dasar BT

OT Mengamati waktu

Peringkat standar 100%

Contoh:

Pekerja diamati bekerja 15% lebih cepat daripada kecepatan standar yang ditentukan. Dia akan diberi rating 115%. Waktu yang diamati adalah 4,23 menit;

$$BT = 4.23 \left[\frac{115}{100} \right] = 4.86 \text{ min}$$

9.2. Work Sampling

Teknik prosentase kemunculan aktivitas tertentu menggunakan sampling statistik, untuk mendapatkan gambaran yang lengkap dan akurat

dari waktu produktif pekerja. Pengamatan ini perlu dilakukan secara terus menerus ke semua pekerja dan mencatat kapan dan mengapa ada pekerja yang menganggur.

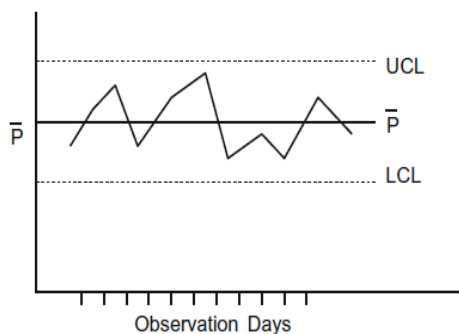
Jumlah pengamatan yang dibutuhkan untuk sebuah ‘*sampling study*’ (N)

$$N = \left[\frac{Z_{\alpha/2}}{A} \right]^2 \left[\frac{1-p}{p} \right]$$

Langkah berikut disarankan untuk dilakukan dalam *sampling study*: tetapkan Tujuan *study*, Identifikasi populasi (pekerja, mesin, dll.), Definisi Kegiatan: tentukan yang mau diobservasi, Desain lembar observasi (sederhana, mudah digunakan), Perencanaan Rute Observasi, Jumlah Pengamatan, Jadwal Observasi, Persiapkan Populasi Sampel, serta Pelatihan petugas observasi.

Control Charts

Control chart digunakan untuk mendeteksi ketidakstabilan dalam pengambilan sampel kerja (Gambar 22).



Gambar 22. Populasi sampel kerja (rerata)

9.3. *Predetermined Motion Time Systems (PMTS)*

PMTS digunakan untuk menetapkan standar pekerjaan. Metode pengukuran waktu untuk tiap jenis gerakan seperti saat: mengambil, meletakkan, membungkuk, melangkah, mengangkat, dll. Untuk kemudian

ditentukan standar waktu bagi suatu pekerjaan (paket gerakan) tertentu tersebut dalam satu rangkaian kegiatan Kerja utuh lengkap. Sebagai contoh tabel pengukuran seperti diperlihatkan di Tabel 4. Satu unit satuan waktu = 1 jam atau 10-5 h.

Tabel 4. Data Pengukuran Gerakan PTMS (Contoh)

Code	GA	GB	GC	PA	PB	PC
-5	3	7	14	3	10	21
-15	6	10	19	6	15	26
-30	9	14	23	11	19	30
-45	13	18	27	15	24	36
-80	17	23	32	20	30	41

Category	Allowed
Get	G
Put	P
Get weight	GW
Put weight	PW
Grasp	R
Apply pressure	A
Eye action	E
Foot action	F
Step	S
Bend and rise	B
Crank	C

9.4. *Estimating*

Estimating adalah proses menggunakan pengalaman masa lalu untuk memprediksi kejadian di masa depan. Keuntungan dari metode ini adalah biaya yang lebih rendah dan dapat memperkirakan standar pekerjaan sebelum pekerjaan dimulai. Sedangkan kerugiannya yaitu perkiraan standar pekerjaan sering tidak konsisten serta tidak dapat diterapkan pada pekerjaan yang pengalamannya tidak tersedia.

9.5. **Standard Data**

Data standar mengacu pada nilai yang sudah ditetapkan sebelumnya untuk berbagai hal yang terjadi berulang kali di tempat kerja. Langkah-

langkah yang diperlukan untuk mengumpulkan standar data yaitu: a). Mengumpulkan data untuk mengidentifikasi pekerjaan; b). Pekerjaan standar yang dapat digunakan dalam mengembangkan data standar. Keunggulan penggunaan metode standar data adalah: a). Menghilangkan kerja berulang-ulang dari analisis studi waktu; b). Menghemat waktu dalam menetapkan standar pekerjaan; dan c). Memberikan konsistensi yang lebih besar antara standar pekerjaan yang serupa.

9.6. *Comparatif Estimating*

Estimasi komparatif adalah teknik pengukuran kerja yang digunakan untuk mengukur pekerjaan pemeliharaan yang berulang. Estimasi komparatif merupakan alternatif yang relatif ekonomis. Menerapkan penafsiran komparatif. Dasar dari estimasi komparatif adalah ketergantungannya pada serangkaian pekerjaan acuan.

Maintenance Store Component

Maintenance store component adalah komponen-komponen yang biasa disimpan dalam gudang material. Komponen yang disimpan meliputi: *Spare part* (suku cadang mesin, komponen mesin); *Normal maintenance stock* (item barang yang penggunaannya sering dan cepat habis seperti: oli, majun, mur-baut, kabel, sekring, lampu, pipa air, kran, dll.);

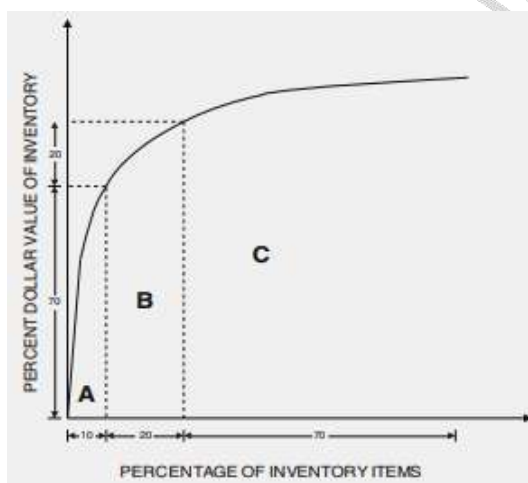
Tools (item barang yang diperlukan sebagai alat bantu kerja pemeliharaan spt kunci-set, dongkrak hidrolik, crane, peralatan elektronik, dll.)

Maintenance Material Costs

Maintenance material costs adalah biaya akibat pengadaan komponen yang dibutuhkan dalam pekerjaan pemeliharaan. Untuk melakukan pengendalian biaya yang efektif atas operasi pemeliharaan, harus memperhatikan 3 hal berikut: a). *Cost of the item* (harga barang komponen); b). *Cost of inventorying the item* (biaya penyimpanan barang); dan c). Biaya barang saat terjadi masalah.

Maintenance Store Control Procedure

Maintenance store control procedure adalah prosedur pengendalian stok di gudang penyimpanan barang. Prosedur yang biasa digunakan meliputi: a). *Requisition* (permintaan pemeliharaan); b). *Inventory Control* (pengendalian inventori); c). *Items to Be Stocked* (barang yang disimpan); d). ABC Analysis (pengelompokan kategori item barang inventori) (Gambar 23).

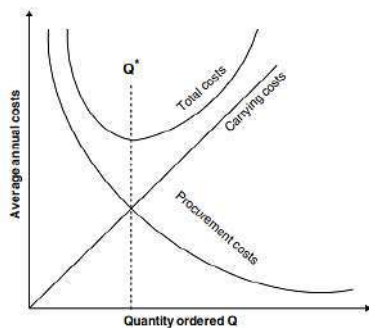


Gambar 23. Analisis ABC

Inventory Systems

Sistem inventori adalah sistem yang mengelola suatu kegiatan transaksi-transaksi keluar masuknya barang. Manfaat dari sistem inventori adalah untuk: a). menjaga agar persediaan di gudang selalu mencukupi; dan b). Meminimumkan biaya pemesanan dan biaya pengadaan persediaan barang. Tujuan utama dalam pengendalian persediaan adalah untuk menemukan biaya minimum operasi suatu sistem persediaan dan meminimalkan biaya keseluruhan.

Makin sering pemesanan barang/komponen maka akan makin besar biaya pemesanan, tetapi hal ini berakibat makin kecil biaya penyimpanan barang/komponen. Hal ini dapat diperlihatkan pada Gambar 24 diagram *inventory cost model*.



sumbu X = jumlah pemesanan
sumbu Y = rata-rata biaya tahunan

Gambar 24. Diagram *inventory cost model*

Safety stock yang dimaksud adalah persediaan tambahan yang harus diadakan untuk menjaga kemungkinan terjadinya kekurangan persediaan agar proses produksi tidak terganggu dan aman ketika harus ada penggantian komponen yang dibutuhkan saat dilakukan pemeliharaan.

Sistem Inventori

Sistem inventori / penyimpanan barang turut mempengaruhi kelancaran produksi dan kegiatan pemeliharaan. Ada tiga kebijakan yang biasa dipakai dalam sistem inventori, yaitu:

1) Kebijakan pemesanan efektif

Manajer pemeliharaan harus membuat dua keputusan kebijakan inventori dasar:

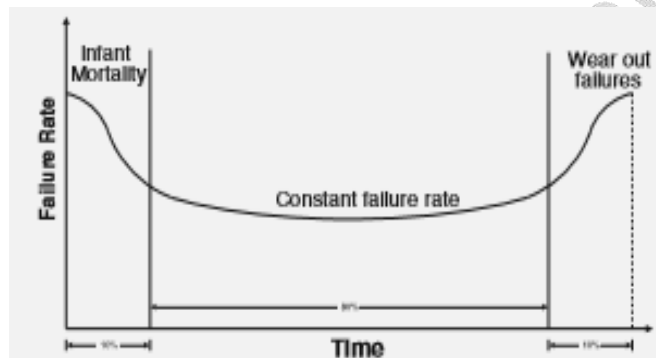
- a) Kapan harus mengatur/setting ulang. Kebijakan ini perlu peninjauan berkala untuk meminta pemesanan item setel ulang sesuai dengan kebutuhan mesin dan tingkat persediaan
- b) Berapa banyak yang harus disetel ulang. Kebijakan ini didasarkan pada banyaknya persediaan jumlah item yang ada di inventaris untuk setting ulang.

2) Kebijakan pemesanan untuk perbaikan

Secara statistik, tingkat kegagalan peralatan atau mesin bervariasi selama siklus hidupnya.

Biasanya menggambarkan pola definit, yang disebut kurva bak mandi. Kurva bak mandi (Gambar 28) ini menggambarkan adanya tiga jenis kerusakan: a). Kerusakan dini (*infant mortality*): kegagalan awal

karena bahan yang salah dan proses yang salah; b). Tingkat kegagalan konstan (*constant failure rate*): kegagalan acak yang memiliki tingkat kegagalan yang konstan; dan c). Kegagalan penggunaan (*wear out failures*): kegagalan karena penuaan, kelelahan, dll. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 25.



Gambar 25. Kurva bak mandi (kegagalan penuaan, kelelahan)

3) Kontrol bahan pemeliharaan

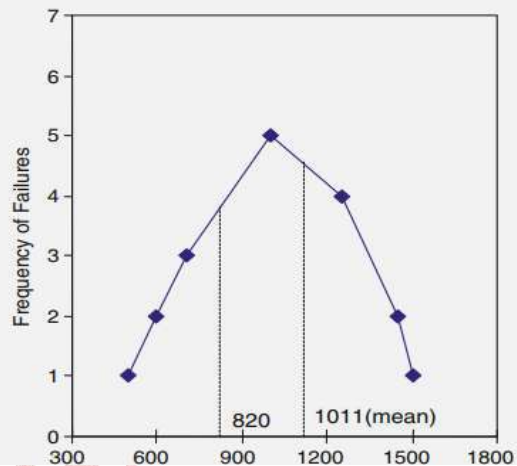
Efektivitas pemeliharaan preventif atau terencana, umumnya disetujui menurun melalui periode kegagalan acak, dalam periode terpanjang masa pakai peralatan. Kegagalan komponen memicu kegagalan peralatan. Untuk memiliki komponen yang digunakan memperbaiki peralatan selama periode kegagalan konstan, data kegagalan komponen dan kebijakan pemesanan komponen harus disertakan.

4) Perkiraan unit suku cadang untuk mengganti kegagalan

Dua pendekatan untuk memperkirakan permintaan suku cadang yang diperlukan pada tingkat layanan yang diinginkan adalah pendekatan grafis dan analitis. **Pendekatan grafis** cocok ketika populasi peralatan besar dan data kegagalan tersedia. Sebagai contoh dapat dilihat grafik hasil tampilan dari tabel yang berisi data kerusakan pompa (Gambar 26).

Pump failures			
Pump no.	Running time	Pump no.	Running time
7	1250	6	1250
8	1450	1	1000
1	1000	2	1450
4	1500	5	700
6	1000	4	1250
2	1250	5	1000
3	700	3	700
7	600	8	600
8	500	1	1000

Plot of data in



Gambar 26. Pendekatan grafis

Pendekatan analitis menggunakan perhitungan matematis untuk menghitung perkiraan jumlah suku cadang yang diperlukan. Contoh: Suatu bagian produksi telah gagal 200 kali selama 10^6 jam operasi terhadap peralatan tertentu. Perkiraan jumlah suku cadang yang diperlukan untuk kelancaran pengoperasian peralatan tersebut selama 1 tahun dengan tingkat kepercayaan 95%. Jumlah suku cadang (N) yang diperlukan untuk kelancaran operasi dapat diperkirakan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\dot{N} = \frac{t}{T} + \sqrt{\frac{t}{T}} \times Z$$

t = Operation in hours

$\bar{T} = \frac{1}{\lambda}$, where λ = failures per hour

$Z = 1.65$ for 95 % confidence and 2.33 for 99 % confidence

$t = (8 \times 5 \times 52) = 2080$ h

$\lambda = \frac{200}{10^6} = 0.002$ failures per hour

then $\bar{T} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0.002} = 500$

then $N = \frac{t}{\bar{T}} + \sqrt{\frac{t}{\bar{T}}} Z$ let $Z = 1.65$ for 95 % confidence

$= \frac{2080}{500} + \sqrt{\frac{2080}{500}} \times 1.65$

$= 4.16 + \sqrt{4.16 \times 1.65}$

$= 4.16 + 2.62 \cong 7$

Jadi perkiraan konsumsi jumlah suku cadang per tahun yang dibutuhkan adalah 7 unit.

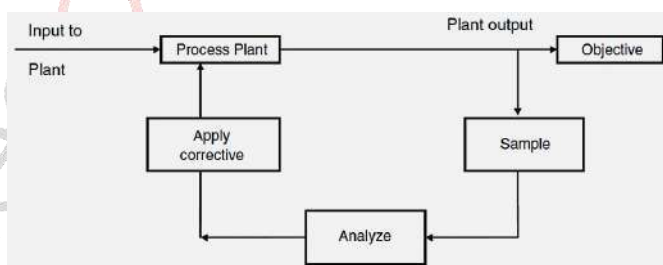
10. MAINTENANCE OPERATION CONTROL

Mengontrol pemeliharaan berarti mengkoordinasikan permintaan untuk pemeliharaan dan sumber daya yang tersedia demi untuk mencapai tingkat efektivitas dan efisiensi yang diinginkan.

Sistem operasi dan kontrol yang efektif harus memiliki enam karakteristik yang dibangun di dalamnya, keenam karakteristik tersebut yaitu:

- 1) Permintaan pemeliharaan
- 2) Sumber daya pemeliharaan
- 3) Prosedur dan sarana penerimaan, koordinasi, penjadwalan, pengiriman, dan mengeksekusi pekerjaan
- 4) Standar kinerja dan kualitas
- 5) Umpan balik, pemantauan, dan kontrol
- 6) Orang atau tim yang mau berubah dan beradaptasi dengan penggunaan teknologi informasi (TI) untuk melakukan analisis yang tepat untuk keputusan pemeliharaan yang efektif

Siklus Kontrol Pemeliharaan adalah satu rangkaian tahapan yang utuh dalam pelaksanaan kontrol pemeliharaan. Satu siklus kontrol pemeliharaan akan terdiri dari kegiatan: menentukan tujuan dan kinerja yang diperlukan; selanjutnya diikuti dengan melakukan sampling output dari pabrik; dan kemudian dilakukan analisa sampel; serta diakhiri dengan penerapan tindakan korektif jika ada hal yang perlu diperbaiki (Gambar 27).



Gambar 27. Siklus kontrol pemeliharaan

Maintenance Work Order System

Sistem perintah kerja pemeliharaan adalah bentuk instruksi tertulis yang dirinci untuk pekerjaan yang harus dilakukan dan harus diisi untuk semua pekerjaan. Sistem perintah kerja pemeliharaan memiliki tujuan. Tujuan dari sistem ini adalah:

1. Meminta secara tertulis pekerjaan yang harus dilakukan oleh bagian pemeliharaan.
2. Menyaring pekerjaan yang diminta oleh bagian produksi pabrik.
3. Menetapkan metode terbaik dan teknisi yang paling berkualitas untuk pekerjaan itu.
4. Mengurangi biaya melalui pemanfaatan sumber daya yang efektif (tenaga kerja dan bahan).
5. Memperbaiki perencanaan dan penjadwalan pekerjaan pemeliharaan.
6. Mempertahankan dan mengendalikan pekerjaan pemeliharaan.
7. Meningkatkan pemeliharaan keseluruhan melalui data yang dikumpulkan dari perintah kerja dan digunakan untuk kontrol dan program peningkatan berkelanjutan.

Design of the Work Order

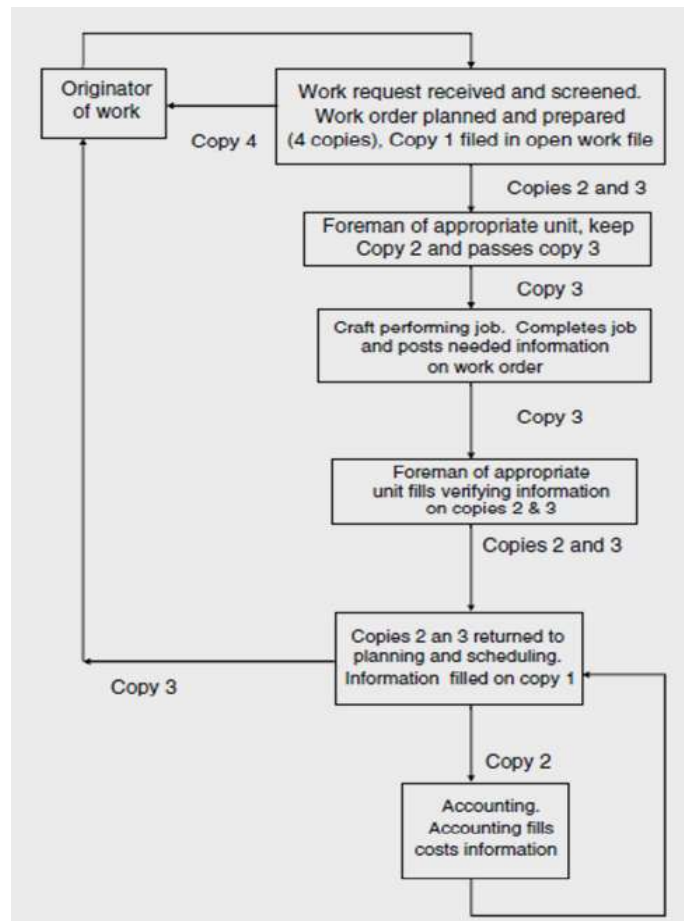
Perintah kerja harus mengandung dua jenis informasi, yaitu informasi yang dibutuhkan untuk perencanaan dan penjadwalan, dan informasi yang diperlukan untuk kontrol. Informasi yang diperlukan untuk *perencanaan dan penjadwalan* mencakup : a). nomor inventaris, deskripsi unit, dan situs; b). orang atau departemen yang meminta pekerjaan; c). deskripsi pekerjaan dan standar waktu; d). spesifikasi pekerjaan dan nomor kode; e). prioritas dan tanggal kerja; f). teknisi yang dibutuhkan; g). suku cadang dan material yang dibutuhkan; h). alat khusus yang diperlukan; i). prosedur keamanan; dan j). informasi teknis (gambar dan manual). Yang kedua, informasi yang diperlukan untuk *kontrol* yang mencakup: a). waktu aktual yang diambil; b). kode biaya untuk teknisi; dan c). waktu henti atau waktu pekerjaan selesai.

Work Order System Flow

Setelah desain perintah kerja terbentuk, langkah berikutnya adalah mengikuti atau menerapkan alur proses dari pelaksanaan perintah kerja

yang telah dirancang tadi. Alur perintah kerja ini akan meliputi urutan proses sebagai berikut (Gambar 28):

- 1) Setelah menerima permintaan pekerjaan oleh perencana disaring dan perintah kerja direncanakan, dengan menunjukkan informasi yang diperlukan untuk perencanaan, pelaksanaan, dan kontrol. Biasanya 3–4 salinan diisi dan dialirkan dalam sistem.
- 2) Perintah kerja terdaftar dalam daftar yang mencantumkan data terkait untuk setiap memesan pekerjaan
- 3) Satu salinan (biasanya salin 1) diajukan oleh nomor urut kerja dalam pemeliharaan departemen kontrol. Dua salinan (salinan 2 dan 3) diberikan kepada yang bersangkutan mandor, dan satu salinan (salin 4) dikirim ke pencetus pekerjaan
- 4) Mandor menugaskan pekerjaan ke teknisi yang sesuai dan memberinya satu salinan (bisa berupa salinan ke-2 atau 3) pekerjaan yang dibutuhkan dan mengisi informasi yang diperlukan tentang pekerjaan yang harus dilakukan (seperti waktu aktual dan material aktual yang digunakan) dan menyerahkan salinan ke mandor.
- 5) Mandor memverifikasi informasi dan memeriksa kualitas pekerjaan dan menempatkan ini informasi terverifikasi pada salinan 2.
- 6) Perencana menempatkan informasi pada salinan 1 dan mengirimkan salinan 3 kepada pencetusnya.
- 7) Perencana mengirimkan salinan 2 ke akuntansi untuk mengisi informasi tentang biaya. Setelah itu, salinan dikirim ke departemen tempat informasi pemeliharaan sistem dipertahankan (bisa berupa unit dengan sendirinya atau dalam perencanaan dan penjadwalan, tergantung pada situasinya).
- 8) Salinan 1 diajukan dalam file perintah kerja yang tertutup dan disimpan untuk sementara waktu (biasanya untuk 3–6 bulan)



Gambar 28. *Work order system flow*

Job Card

Job card berfungsi agar departemen pemeliharaan memiliki data yang tepat untuk bekerja, biaya, dan kontrol kondisi pabrik. Tiga hal penting harus tercakup di dalamnya yaitu: waktu perbaikan, biaya, dan waktu berhenti. Ketiga informasi tersebut dapat dituliskan ke dalam *job card* (Gambar 29).

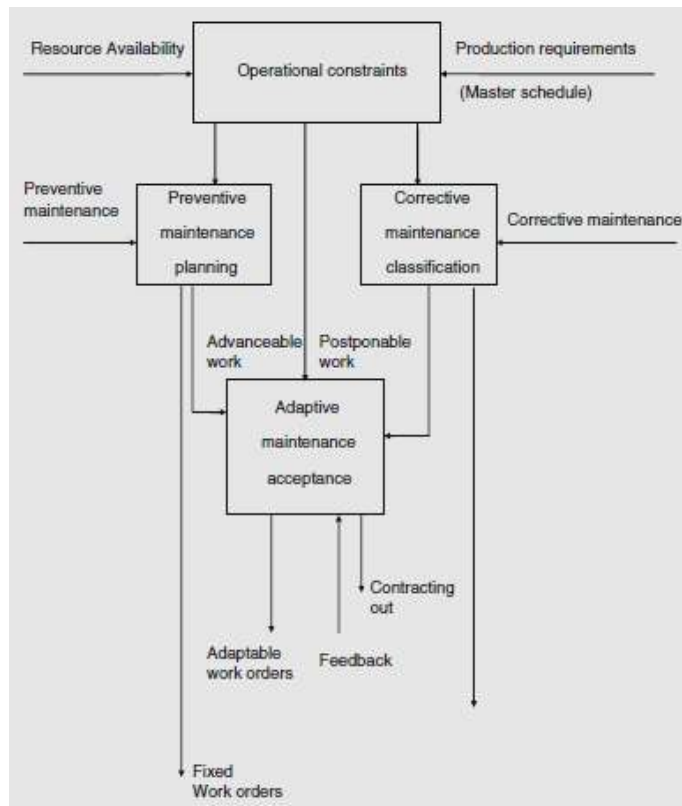
Job Report	Date	Report No.
Employee Name:	Craft:	Starting Time:
Facility Name	Location	Identification
Equipment defect Corrective action Spares / materials used Measurement / observations Overall equipment condition Remarks : Time taken:		

Gambar 29. *Job card*

Rekam Riwayat Peralatan. Selain rekaman data perintah kerja, hal yang perlu disimpan adalah rekaman riwayat peralatan yang telah dilakukan pemeliharaan. File riwayat peralatan adalah dokumen yang berisi informasi tentang semua pekerjaan pada fasilitas / peralatan tertentu. Hal ini perlu dilakukan agar tersimpan dokumentasi kronologi riwayat mesin/peralatan semua sejak dibeli sampai ada penggantian komponen yang rusak. Hal-hal yang perlu dicatat dalam rekaman tersebut adalah: a). Spesifikasi dan lokasi peralatan; b). Inspeksi, perbaikan, servis dan penyesuaian yang dilakukan, kerusakan dan kegagalan, dan penyebabnya dan tindakan korektif yang dilakukan; c). Pekerjaan yang dilakukan pada peralatan, komponen diperbaiki atau diganti, kondisi keausan, erosi, korosi, dll.; d). Pengukuran atau pembacaan yang dilakukan, izin, hasil tes dan inspeksi; dan e). Waktu kegagalan dan waktu yang hilang untuk melakukan perbaikan.

Structure of Maintenance Control

Struktur dari sistem kontrol pemeliharaan dapat digambarkan seperti Gambar 30.



Gambar 30. Struktur kendali pemeliharaan

Work Order Processing

Pemrosesan pesanan kerja berfokus pada realisasi pesanan kerja sesuai dengan kesepakatan dan tujuan yang harus dipenuhi, dengan mempertimbangkan jadwal produksi jangka pendek. Hal tersebut terdiri dari 3 fungsi control: a). *Work order release* (pelaksanaan), b). *Work order scheduling* (penjadwalan), c). *Work order dispatching* (pemenuhan).

Information Feedback and Corrective Action

Umpan balik dan tindakan korektif berkaitan dengan pengumpulan data tentang status eksekusi pekerjaan, ketersediaan sistem, *backlog* pekerjaan, dan kualitas pekerjaan yang dilakukan. Kemudian, informasi ini dianalisis sesuai dengan tindakan yang telah direncanakan.

Work Control

Work control menunjukkan berapa proporsi pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan dengan waktu lembur. Laporan lain yang bermanfaat untuk kontrol kerja adalah jaminan simpanan, persentase pemeliharaan darurat yang direncanakan, pemeliharaan pencegahan, dan persentase pekerjaan perbaikan.

Cost Control

Pengendalian biaya pemeliharaan biasanya mencakup hal-hal berikut: a). Biaya pemeliharaan langsung yaitu biaya bahan, suku cadang, material, dan peralatan; b). Biaya operasi *shutdown* karena kegagalan; c). Biaya kualitas karena produk berada di luar spesifikasi, sebagai akibat dari ketidakmampuan mesin; d). Biaya redundansi karena banyaknya cadangan peralatan; e). Biaya kerusakan peralatan karena kurangnya perawatan yang tepat; dan f). Biaya pemeliharaan yang berlebihan.

Quality Control

Kontrol Kualitas Pemeliharaan memiliki hubungan langsung dengan kualitas produk. Peralatan yang terawat dengan baik menghasilkan lebih sedikit sisa dari peralatan yang tidak dirawat dengan baik. Hal ini juga terlihat di data bahwa kondisi mesin mempengaruhi kapabilitas prosesnya.

Plant Condition Control

Pengendalian kondisi pabrik membutuhkan sistem yang efektif untuk mendata kegagalan dan perbaikan peralatan penting di pabrik. Informasi ini biasanya diperoleh dari file perintah kerja dan bagaimana kondisi awal peralatan. Yang termasuk dalam data riwayat peralatan yaitu waktu kegagalan, sifat kegagalan, perbaikan dilakukan, total *downtime* mesin dan suku cadang yang digunakan.

Operasi dan Kontrol Pemeliharaan

Hampir semua informasi tentang biaya tersedia pada pesanan pekerja. Ringkasan biaya perawatan dengan pekerjaan harus dikeluarkan setiap bulan. Ini digunakan untuk mengontrol biaya pemeliharaan dan mengembangkan biaya produk yang diproduksi. Hal-hal yang perlu

diperhatikan diantaranya: a). Mempertimbangkan penggunaan bahan pemeliharaan alternatif; b). Memperbaiki prosedur pemeriksaan; c). Merevisi prosedur pemeliharaan, terutama membuat penyesuaian dalam ukuran staf dan metode; dan d). Merancang ulang prosedur penanganan material dan tata letak bengkel.

Effective Engineered Maintenance Program

Tujuan dari program pemeliharaan teknisi yang efektif adalah untuk meningkatkan ketersediaan pabrik, mengurangi biaya, dan meningkatkan keandalan peralatan dan kualitas.

Role of Information Technology

Teknologi informasi meningkatkan komunikasi, berbagi data, dan analisis, meningkatkan pengambilan keputusan pemeliharaan, serta memungkinkan penyusunan perintah kerja dan alur pesanan kerja.

Pemeliharaan Sistem Control memiliki peran penting dalam pemeliharaan program yang efektif. Konsep kontrol proses mencakup tujuan proses, sampling, analisis sampel, dan menerapkan tindakan korektif didefinisikan dan digunakan untuk membangun sistem kontrol pemeliharaan yang efektif. Langkah-langkah untuk kontrol pemeliharaan yang efektif adalah sebagai berikut:

- a) Menentukan tujuan dan sasaran dalam hal kualitas, ketersediaan, dan efisiensi
- b) Memanfaatkan TI untuk mendapatkan informasi tepat waktu dan membantu dalam membuat keputusan pemeliharaan yang efektif
- c) Mengkoordinasikan dan merencanakan pesanan kerja
- d) Memproses perintah kerja
- e) Mengumpulkan informasi dari perintah kerja dan file riwayat dan kompilasi laporan efisiensi, ketersediaan, dan kualitas
- f) Memeriksa kesalahan dari tujuan dan target yang ditetapkan
- g) Jika ada kesalahan ambil tindakan korektif. Jika tidak, tingkatkan tujuan

11. PRINCIPLES OF CONTROLLED MAINTENANCE

Konsep Dasar

Manajemen pemeliharaan terkendali adalah suatu pendekatan yang terorganisir, sistematis dan terkontrol untuk pemeliharaan dengan pengaturan melalui penerapan yang efektif.

Tujuan

- a) memastikan tingkat pemeliharaan
- b) melakukan pemeliharaan rutin terjadwal
- c) memberikan kontrol positif terhadap tenaga kerja
- d) meningkatkan efisiensi dengan penjadwalan kerja yang tepat
- e) menyediakan tenaga kerja
- f) mengontrol biaya pemeliharaan
- g) menyediakan fasilitas terpusat

Elemen Dasar

Manajemen pemeliharaan terkendali mempunyai dua elemen dasar, yaitu:

- a) *Inventori* : terperinci dan lengkap semua fasilitas, kesiapan sistem dan peralatan untuk menentukan ruang lingkup pemeliharaan yang diperlukan
- b) *Standar pemeliharaan* : menetapkan kondisi fasilitas, kesiapan sistem dan peralatan, serta untuk mempertahankan standar

Di dalam manajemen pemeliharaan terkendali dikenal adanya *Inspeksi berkelanjutan* yang terdiri dari dua jenis inspeksi: Inspeksi perawatan preventif dan Inspeksi mandiri oleh operator (pemeriksaan listrik, penyesuaian perbaikan sistem). Selain itu manajemen pemeliharaan terkendali terlibat di dalam *Pengendalian input kerja* (klasifikasi, identifikasi, dan pencatatan pekerjaan yang dihasilkan oleh inspeksi berkelanjutan). Merencanakan dan memperkirakan tanggung jawab merupakan bagian utama dari fungsi dalam sistem manajemen pemeliharaan terkendali. Koordinasi material adalah penerapan kontrol yang diperlukan untuk pengadaan material, pemantauan, penyimpanan dan

fungsi pengiriman untuk memastikan bahwa bahan yang dibutuhkan tersedia. Penjadwalan adalah aplikasi teknik untuk memastikan bahwa beban kerja diimbangi dengan tenaga kerja dan cadangan kerja mencukupi untuk menjamin kelancaran kerja pemeliharaan.

Kepentingan utama dalam menentukan efektivitas manajemen pemeliharaan terkendali adalah kinerja dan evaluasi (*Work Performance and Evaluation*). Laporan analisis manajemen berfungsi untuk menyediakan fakta-fakta yang dibutuhkan untuk mengevaluasi distribusi dan pemanfaatan dana dan tenaga kerja bagian pemeliharaan.

Departemen pemeliharaan harus mengorganisasikan semua kegiatan dengan baik, selalu terlibat dalam perencanaan, memiliki tanggung jawab keseluruhan untuk pengawasan administrasi dan pengoperasian (*Organization*). *Work Classification* adalah prosedur yang mengatur penanganan dan pengelolaan setiap jenis pekerjaan dari awal sampai selesai. Ruang Lingkup departemen pemeliharaan termasuk harus mengklasifikasikan semua pekerjaan yang dilakukan, dan menentukan faktor untuk klasifikasi pekerjaan termasuk jenis dana yang terlibat, durasi dan luasnya pekerjaan, urgensi, sifat dan tujuan pekerjaan.

Klasifikasi pekerjaan dalam departemen pemeliharaan dapat dikategorikan ke dalam lima jenis, yaitu:

- a) Pekerjaan Darurat. Karakteristik utama dari pekerjaan darurat adalah memerlukan tindakan segera untuk menyelesaikan pekerjaan. Contoh: untuk mencegah kehilangan atau kerusakan properti; untuk mengembalikan layanan penting; untuk menghilangkan risiko bahaya yang akan datang.
- b) Pekerjaan Layanan. Pekerjaan layanan berwenang pada otorisasi pekerjaan layanan
- c) Pekerjaan Kecil. Pekerjaan kecil digunakan sebagai pekerjaan tambahan untuk pekerjaan yang tidak terjadwal.
- d) Pekerjaan Spesifik. Pekerjaan spesifik umumnya dijadwalkan sesuai perencanaan rinci.
- e) Work Standing. Merupakan pekerjaan yang mencakup semua pekerjaan yang berulang-ulang.

Standing Work Order

Karakteristik: Perintah kerja yang mencakup semua pekerjaan yang berulang-ulang. Kategori ini meliputi tenaga kerja, biaya material, sistem, peralatan.

Sumber: Perintah kerja biasanya dihasilkan sebagai hasil dari pemeliharaan dan persyaratan operasional pabrik. Mereka juga dihasilkan oleh permintaan pekerjaan pemeliharaan untuk menyediakan layanan dan dukungan yang diperlukan untuk departemen lain.

Metode otorisasi: Sebuah pekerjaan yang berdiri pada urutan pekerjaan dan pemeliharaan sesuai dengan otoritas persetujuan diberikan. Kontrol yang maksimum dalam hal estimasi akhir, perencanaan dan penjadwalan tidak mungkin untuk berdiri tanpa perintah kerja. Penjadwalan dilakukan pada papan jadwal saja.

Tipe *standing work*:

- a) *Estimated standing work orders* : Pekerjaan yang berulang-ulang dengan kebutuhan tenaga kerja konstan dan dapat diprediksi selama periode waktu tersebut
- b) *Unestimated Standing work orders* : Pekerjaan yang kebutuhan tenaga kerja tidak dapat diperkirakan secara akurat

Work Load Analysis

Analisa beban kerja diperlukan untuk secara efektif menentukan penggunaan yang paling layak dan ekonomis oleh tenaga kerja dalam menyelesaikan pekerjaan kecil dan spesifik serta perlu untuk menganalisis beban kerja. Analisis harus didasarkan pada data setidaknya periode tiga bulan. *Breakdown* yang direkomendasikan antara pekerjaan kecil dan spesifik adalah:

Planning and Estimating

Pemeliharaan terdiri bagian utama dari kontrol fungsional manajemen pemeliharaan yang diestimasi. Termasuk permintaan skrining perencanaan dan memperkirakan pekerjaan. Untuk meninjau perkiraan dan rencana kerja penjadwalan harus mengaktifkan perintah kerja demi menjaga informasi tentang kemajuan dan biaya pekerjaan. Perencanaan

dan estimasi pekerjaan terdiri dari semua hal berikut: Ruang lingkup, Kebutuhan, dan Ketersediaan dana.

Perencanaan

Rencana kerja harus disiapkan untuk menentukan pekerjaan yang harus diselesaikan serta apa yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan. Kecukupan spesifikasi sebuah perencanaan terdiri dari:

- a) Tes kecukupan. Tingkat ketergantungan yang dapat ditempatkan pada spesifikasi untuk menentukan tagihan lengkap bahan serta mendapatkan alat yang diperlukan. Seperti peralatan khusus atau tenaga dan jadwal pekerjaan untuk mengaktifkan tenaga kerja dengan minimal.
- b) Materi. Pemilihan bahan didasarkan pada kebijakan saat ini seperti standar pemeliharaan, keterbatasan dana / atau data lainnya.
- c) Kelengkapan Perencanaan. Harus teliti dalam tanggung jawabnya untuk menyatakan dengan jelas dan akurat lingkup rinci dari pekerjaan yang harus diselesaikan termasuk sketsa atau gambar yang sesuai.

Metode Pencapaian. Pekerjaan sering membutuhkan beberapa operasi dan setiap operasi mungkin memiliki beberapa elemen. Berikut manfaat yang diperoleh yaitu: elemen penting dari pekerjaan cenderung dihilangkan, nilai waktu terkait dapat digunakan dalam memperkirakan, kepentingan yang saling terkait dari berbagai *craft* untuk setiap perintah kerja yang akan ditampilkan.

Tugas kerja: Perencana akan menunjukkan keterampilan yang sesuai untuk setiap operasi dan elemen kerja yang terdaftar pada urutan kerja dan juga keterampilan utama yang bertanggung jawab untuk pengawasan pekerjaan secara keseluruhan dan koordinasi dengan orang lain

Prinsip Estimasi

- a) memberikan dasar persetujuan, ketidaksetujuan atau penundaan pekerjaan yang diusulkan
- b) memberikan dasar untuk peramalan anggaran
- c) menyediakan data untuk perencanaan dan penjadwalan

Jenis-jenis Perkiraan dapat dibagi menjadi: pendahuluan, kasar, dan akhir. Ulasan estimasi dan rencana kerja meliputi: kelengkapan, akurasi, kejelasan, dan kesesuaian dengan kebijakan.

Untuk mengaktifkan Perintah Kerja dibutuhkan:

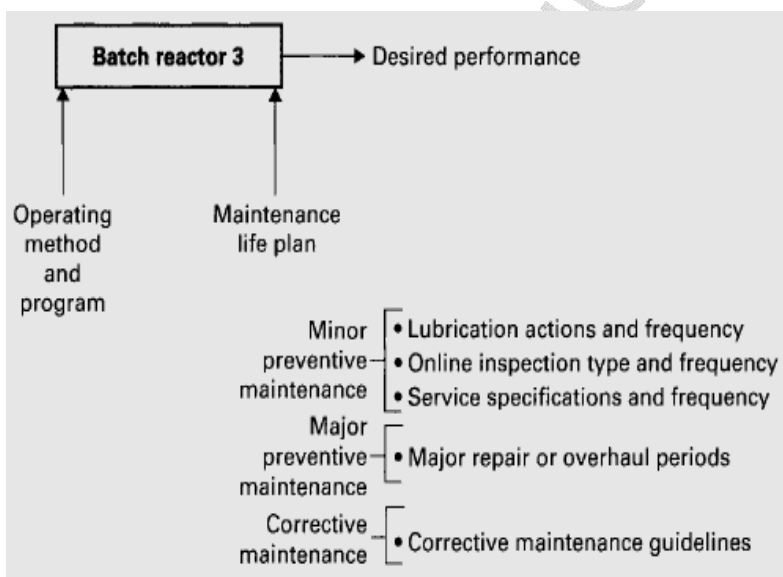
- 1) Persetujuan. Semua persetujuan yang diperlukan untuk pekerjaan yang harus diperoleh sebelum penyusunan perintah kerja.
- 2) Penerbitan Perintah Kerja. Setelah persetujuan yang diperlukan telah diperoleh, perintah kerja dibuat dari perkiraan, diproses dan dikeluarkan.

<i>Arsip</i>	: Permintaan kerja dan perintah kerja harus dipelihara di pusat penerimaan pekerjaan. Hal ini akan memberikan lokasi yang terpusat dan mudah diakses untuk perkiraan, permintaan kerja, dan catatan perintah kerja.
<i>Planner/Estimator</i>	: Perencana dapat memberikan dan memperkirakan perencanaan kerja untuk mendapatkan hasil dengan baik.
<i>Scheduler</i>	: Jadwal perintah kerja untuk perencanaan dan memperkirakan sesuai dengan prioritas perintah kerja.
<i>Shop Scheduling</i>	: Pengawas akan menjadwalkan pekerjaan sehari-hari dan menentukan tanggal mulai sebenarnya dari setiap perintah kerja dengan jaminan pekerjaan akan selesai sesuai dengan tanggal penyelesaian yang dijadwalkan.
<i>Scheduling</i>	: adalah rencana tindakan awal yang disiapkan yang telah mempertimbangkan ketersediaan, tenaga kerja, bahan dan peralatan.
<i>Processing work orders</i>	: menentukan bahan, menentukan aksi kerja (perintah kerja kecil & spesifik), menjadwalkan pekerjaan, dan penyelesaian kerja
<i>Material Coordination</i>	: Hal-hal yang harus diperhatikan saat pengadaan bahan dari luar meliputi

- memonitor pengolahan bahan yang diperlukan untuk menjamin pengiriman pada saat diperlukan; serta setelah penyampaian materi, ia harus memproses perintah kerja sesuai dengan jadwal yang didirikan.
- Reports* : Laporan perintah kerja *backlog* menyediakan daftar lengkap dari semua perintah kerja yang telah dicabut karena persyaratan tenaga kerja, bahan atau peralatan; serta Laporan status pekerjaan menyediakan informasi yang akurat berkaitan dengan status perintah kerja yang dijadwalkan.
- Mengelola *Reports* : Laporan *backlog* perintah kerja dengan alasan untuk *backlogging* setiap perintah kerja; Laporan status pekerjaan akan menginformasikan manajemen pabrik perintah kerja selesai pada minggu sebelumnya dan status pekerjaan yang sedang berlangsung.

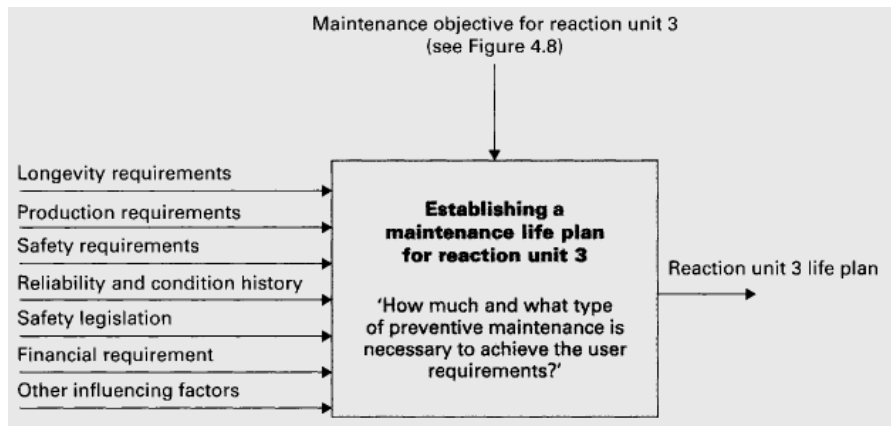
12. PREVENTIVE MAINTENANCE

Garis besar rencana pemeliharaan jangka panjang (*life plan*) untuk suatu proses produksi sebagai contoh pembahasan dalam bagian ini dipilih: unit reaktor (Gambar 31). Langkah terpenting adalah menetapkan tingkat preventif yang diperlukan jika tujuan pemeliharaan harus dicapai, yaitu **berapa banyak pekerjaan preventif dan apa jenisnya untuk memenuhi kebutuhan pengguna dengan biaya minimum?**



Gambar 31. Unit tipikal (reaktor) dan rancangan pemeliharaan jangka panjangnya

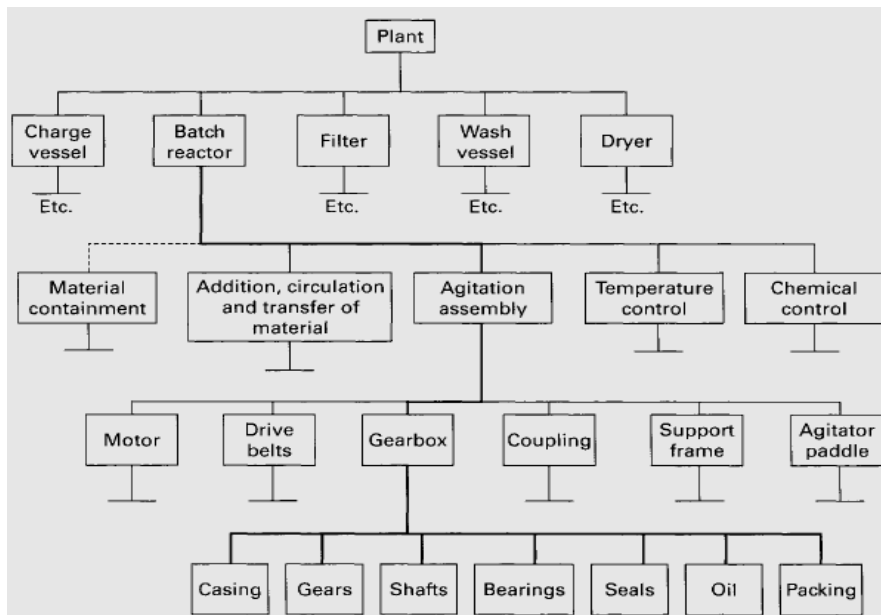
Faktor-faktor yang mempengaruhi keputusan rencana pemeliharaan jangka panjang (*life plan*) yaitu (Gambar 32): *longevity, production, safety, reliability, safety legislation, financial*. Beberapa *life plan* terdiri dari proporsi yang berbeda antara pemeliharaan perbaikan (korektif) dan pencegahan (*preventif*), rentang komposisinya dapat mulai dari 100% preventif hingga 100% korektif tergantung waktu dan kondisinya



Gambar 32. Faktor-faktor yang mempengaruhi rancangan pemeliharaan jangka panjang

Prosedur untuk merumuskan rencana pemeliharaan jangka panjang (*life plan*) suatu unit harus mencakup hal-hal berikut:

1. Mengidentifikasi unit komponen yang akan dilakukan pemeliharaan ke dalam bagian & sub-bagian (*assembly & subassembly*) (Gambar 33)
2. Menentukan 'jenis pemeliharaan' terbaik (penggantian/perbaikan) untuk masing-masing bagian
3. Merangkum rencana *life-plan* unit sebagai gabungan jenis-jenis pemeliharaan yang telah dipilih dari tiap komponen

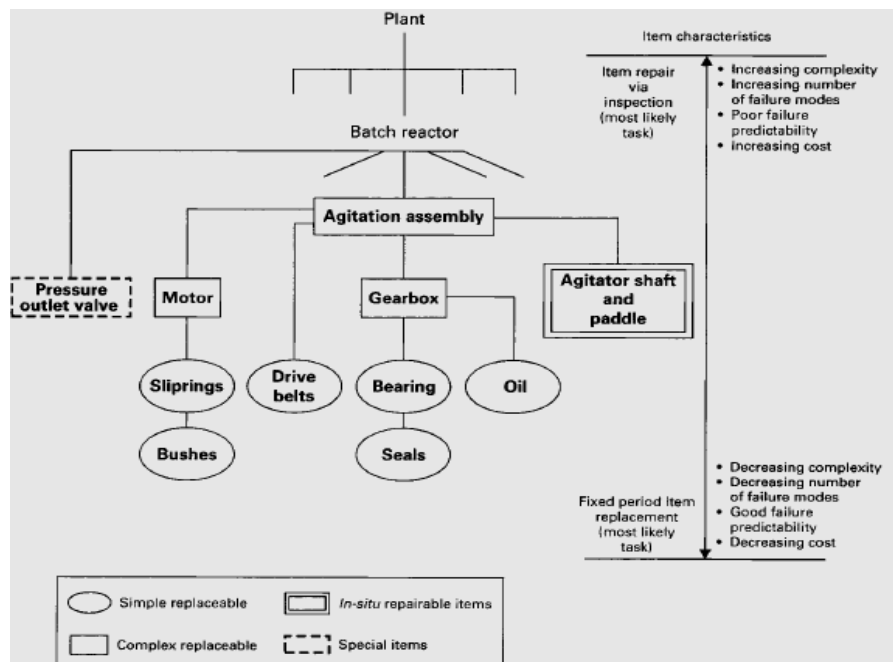


Gambar 33. Model hierarkis dari identifikasi bagian-bagian suatu unit produksi pabrik kimia

Kategori penentuan jenis pemeliharaan yang diperoleh dari hasil identifikasi bagian komponen:

1. Mudah diganti (misalnya sabuk penggerak), kemungkinan dipertahankan dengan penggantian dan buang
2. Kompleks namun dapat diganti (misalnya *gearbox*), kemungkinan dipertahankan dengan penggantian atau perbaikan di bengkel
3. Tingkat tinggi (misal agitator), kemungkinan dipelihara dengan perbaikan di tempat (mis. pengadukan poros pengaduk), tetapi akhirnya dengan penggantian lengkap
4. Khusus (misalnya katup pelepas), kemungkinan dipertahankan dengan pengujian secara berkala di tempat dengan penyesuaian, perbaikan atau penggantian seperlunya

Karakteristik perbaikan atau penggantian: *simple*, *in-situ*, *complex*, *special* dapat digunakan untuk mempertahankan kondisi komponen (Gambar 34).



Gambar 34. Diagram pemeliharaan (*batch reactor*)

Tabel 5 menunjukkan bahwa keputusan yang melibatkan rencana pemeliharaan jangka panjang, sangat erat dengan keputusan rekondisi dan inventaris suku cadang, misal ketika menyiapkan *life-plan* untuk peralatan, secara langsung memengaruhi keputusan gudang persediaan (seberapa banyak suku cadang yang harus disimpan?)

Tabel 5. Pemeliharaan Preventif (Keputusan Atas Cara Terbaik Perbaiki Sistem *Gearbox*)

The alternative maintenance tasks	First-level decisions (plant level) Some combination of:		Second-level decisions (workshop level)	Third-level decisions (stores level)
	Action	Timing of the action		
	<ul style="list-style-type: none"> Adjust or calibrate Proof test Always repair Always replace Repair vs replace on condition 	<ul style="list-style-type: none"> Action scheduled <i>before failure</i> on usage (hours, miles, etc.) or on calendar time (FTM) Action scheduled <i>before failure</i> and on condition via inspection (CBM) Action carried out <i>after failure</i>, either unplanned or planned (OTF) 	<ul style="list-style-type: none"> Workshop vs contract reconditioning Repair vs recondition vs scrap, items and components 	<ul style="list-style-type: none"> Decision to hold items or components made by repair/replace decision. Stores decide on inventory policy, e.g. maximum and minimum stock holdings
	OR			
	Redesign, as indicated by failure cause investigation (DOM)			
Typical influencing information	<ul style="list-style-type: none"> Failure characteristics of the item (statistics of failure) Condition monitoring characteristics of the item Consequences of failure of the item (in terms of safety, production and associated damage) Resource cost characteristics Stock holding cost of item compared to stock holding cost of component Downtime cost saving via a replacement vs a repair 		<ul style="list-style-type: none"> Cost and quality of internal repair/reconditioning vs contract reconditioning Conditioning of removal item/component and assessment of cost of repair/recondition/new 	<ul style="list-style-type: none"> Rate of demand for item/component which in turn is a function of number of such parts in use in plant. Lead time of supply of part and/or is it being internally reconditioned? Cost of holding the part vs cost of stock out

FTM: fixed-time maintenance; CBM: condition-based maintenance; OTF: operate-to-failure; DOM: design-out maintenance

Pedoman Pemeliharaan Preventif 1

Jenis pemeliharaan yang terbaik untuk setiap bagian atau 'mode kegagalan' harus diputuskan setelah meninjau semua tindakan pemeliharaan, yaitu: selalu perbaiki, selalu diganti, biarkan perbaikan vs penggantian sampai situasi menentukan sendiri apakah perbaikan/ganti. Dan semua jenis kebijakan yang efektif yaitu:

- Operasi-ke-kegagalan (*out after failure*, OTF: digunakan hingga rusak)
- Pemeliharaan waktu-tetap (*fixed-time maintenance*, FTM: ada jadwal rutin pemeliharaan)
- Pemeliharaan berbasis kondisi (*condition based maintenance*, CBM: pemeliharaan tergantung kondisi komponen)
- Design-out maintenance (DOM: tergantung sebab kerusakan komponen karena jenis pemeliharaan diluar yang ada)

Perbaikan vs Keputusan Ganti

Faktor-faktor utama yang harus dipertimbangkan ketika dilakukan keputusan perbaikan dan penggantian adalah:

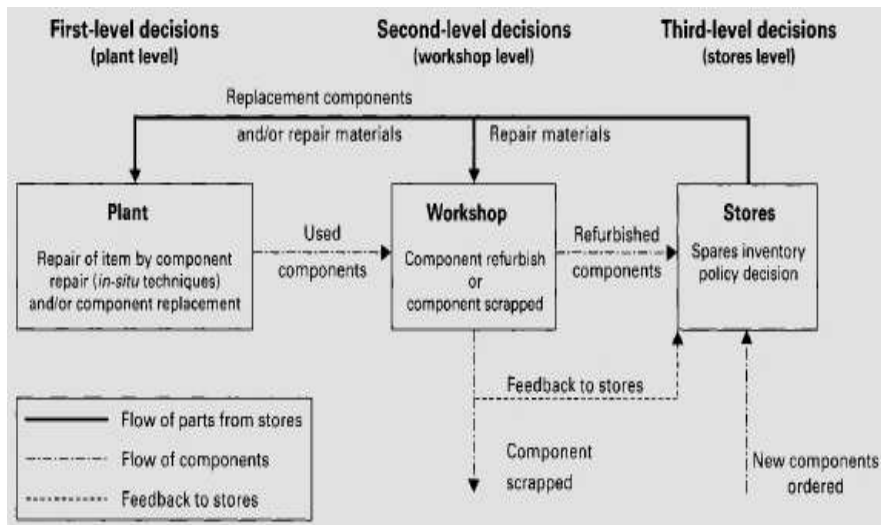
- a) Biaya tambahan untuk menyimpan barang /komponen di gudang (untuk penggantian)
- b) Kebutuhan komponen saat itu juga dipenuhi (untuk perbaikan)
- c) Kemungkinan terjadi penghematan biaya *downtime* jika penggantian komponen lebih cepat daripada dilakukan perbaikan

Dalam kebanyakan situasi praktis, perbandingan faktor-faktor utama ini ditambah dengan teknik pemeliharaan itu sendiri.

Pedoman Pemeliharaan Preventif 2

- 1) Selalu ganti: Agar hal ini dimungkinkan, barang harus disimpan di gudang. Jika rekondisi/perbaikan harus dilakukan secara internal, komponen juga harus diadakan/tersedia
- 2) Perbaikan vs ganti: Keputusan penggantian atau perbaikan kadang-kadang dibiarkan sampai kegagalan telah terjadi atau sudah dekat. Kebijakan semacam itu akan diadopsi, sebagian karena adanya biaya tinggi pekerjaan pengganti, dan sebagian lagi karena berbagai kemungkinan untuk jenis kegagalan yang akan terjadi setiap mode kegagalan

Skenario keputusan bila tingkat pertama keputusan adalah dilakukan perbaikan komponen --- alurnya dari pabrik → workshop → gudang (Gambar 35).



Gambar 35. Skenario keputusan bila level pertama keputusan adalah *repair*

Keputusan pemeliharaan dipengaruhi oleh informasi:

1. kemungkinan bagian yang rusak dan metode perbaikan *in-situ* yang tersedia
2. waktu, tenaga kerja, dan biaya material pengganti barang
3. biaya tidak tersedianya unit pengganti
4. kemungkinan berfungsinya barang setelah perbaikan atau perbaikan sementara
5. kemungkinan berfungsinya barang setelah penggantian
6. kondisi dan kemungkinan berfungsinya kembali unit

Internal vs Kontrak

Pertimbangan juga dapat terjadi ketika ditemui tingkat kesulitan dalam perbaikan/pemeliharaan komponen/mesin, apakah akan dilakukan perbaikan secara internal atau akan dikerjakan diluar pabrik (subkontrak), atau kombinasi keduanya. Faktor-faktor yang mempengaruhi, yaitu: ketersediaan subkontraktor, kerumitan perbaikan, kebutuhan jaminan kualitas, dan keamanan pengiriman komponen.

Pedoman Pemeliharaan Preventif 3

- a) FTM (*failure to maintenance*) adalah kebijakan yang efektif hanya jika tren kegagalan/kerusakan komponen yang ditunjukkan oleh waktu dan rerata penggunaan item tersebut kurang dari semestinya
- b) FTM bukan kebijakan yang efektif jika kegagalan/kerusakan terjadi secara acak (tidak ada pola tetap terhadap kerusakan komponen). Semakin besar kemungkinan perkiraan dari kegagalan item, semakin efektif biaya FTM
- c) FTM selalu melibatkan tingkat *over-maintenance*
- d) FTM bergantung pada data kegagalan yang kebanyakan tidak ada (tidak ada catatan kerusakan yang terdokumentasi)

Pemantauan kondisi dapat diselesaikan dalam tiga cara utama yaitu: inspeksi sederhana, pemeriksaan kondisi, atau pemantauan tren.

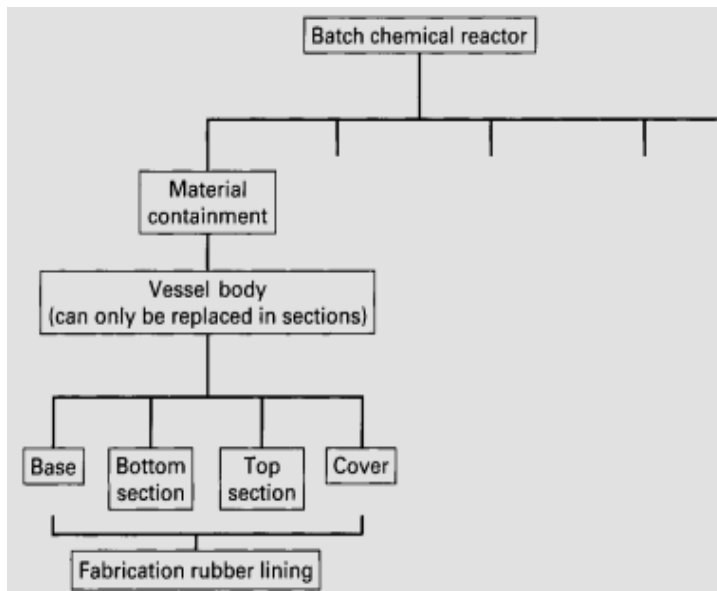
Contoh Pemilihan Pemeliharaan

Contoh 1: Lapisan karet dari bejana reaksi kimia (Gambar 36)

Pekerja utama membutuhkan waktu dalam memperbaiki bejana dari lapisan karet selama dua setengah hari kerja atau menggantinya selama 10 hari kerja, lapisan karet tersebut dapat diserap oleh bahan kimia yang memiliki dampak pada kegagalan unit.

Pada contoh kasus ini, dijelaskan bahwa proses kerusakan dapat terjadi lebih cepat hingga 3 sampai 9 tahun. Namun, yang terpenting yaitu pekerja tidak membiarkan lapisan karet untuk memperburuk kondisi lebih luas lagi. Karena dengan adanya kerusakan yang lebih luas dapat mencemari produk dan menyebabkan penurunan kepercayaan pelanggan dalam kualitas produk.

Menangani kasus ini merupakan suatu hal yang berbahaya dan juga membutuhkan perbaikan dalam jangka waktu yang panjang dan mahal. Namun, ada upaya dalam memperbaiki kerusakan lapisan karet dengan menggunakan proses ikatan dingin. Sebuah diagram dalam menemukan dan menghubungkan *batch chemical reactor* dengan *fabrication rubber lining*.



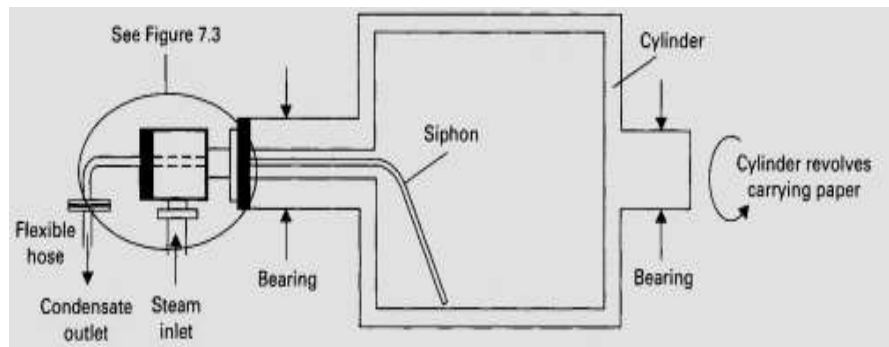
Gambar 36. Diagram pemeliharaan untuk *vessel* dan *lining*

Dalam kasus ini, ekspektasi pengeluaran biaya dinilai sangat tinggi, baik dalam hal materi dan tenaga kerja, namun dengan sebuah *in situ* maka perbaikan dapat dilakukan dengan lebih murah. Dengan demikian, berbagai kebijakan yang efektif adalah sebagai berikut:

- a) Perawatan *fixed-time* (pemisahan bejana, pemeriksaan hingga pada bagian internal) serta perbaikan dan pergantian seperlunya
- b) Pemeliharaan berdasarkan kondisi melalui: perbaikan serat optik (tanpa isolasi/pemisahan), pemantauan elektro-kimia, pengambilan sampel produk untuk kontaminasi.

Contoh 2: Sebuah pemutar pada mesin kertas (Gambar 37)

Bagian pengering pada mesin kertas besar yang terbuat dari silinder dengan putaran gas yang panas, seperti yang ditampilkan pada gambar 37. Kertas dikeringkan saat melewati masing-masing silinder



Gambar 37. Perakitan silinder kepala dan *join rotary*

Mesin tersebut digunakan secara terus menerus dan membutuhkan biaya yang sangat tinggi. Setiap silinder memiliki sambungan yang berputar, fungsinya adalah untuk memasukkan kemudi ke silinder dan kondensasi untuk keluar, pada saat silinder sedang bergerak. Sambungan putar harganya mahal tapi bisa diperbaiki. Lebih mudah untuk mengganti dibandingkan memperbaiki pada *in situ*. Dengan demikian, mengingat ketidaktersediaan biaya untuk mesin dan penggunaan mesin secara terus menerus, maka pemeliharaan yang tepat yaitu mengganti dan merekondisi.

Kebijakan pemeliharaan yang efektif adalah:

1. Fix time exchange: metode penggantian waktu tetap, karena prediktabilitas statistik yang buruk dan ketidakmampuan pembiayaan interval yang tinggi antara penggantian mungkin perlu waktu yang sesingkat mungkin seperti 6 bulan dan karena itu akan membawa langsung pemeliharaan yang sangat tinggi.
2. Run time to failure: metode penggunaan sampai waktu rusak, akan jauh lebih mahal dalam biaya perawatan dari apa yang sudah direncanakan.
3. Perawatan kondisi online: menggunakan cara visual sederhana untuk memeriksa dengan menggunakan segel gabungan dengan memeriksa segel penggunaan

13. MAINTENANCE MANAGEMENT

13.1. Definisi

Manajemen pemeliharaan dapat diartikan sebagai semua kegiatan manajemen yang digunakan untuk menentukan tujuan atau prioritas, pemeliharaan, strategi, dan tanggung jawab.

13.2. Aspek Utama Dalam Manajemen Pemeliharaan, Yaitu:

- a) Penentuan tujuan atau prioritas pemeliharaan
- b) Penentuan strategi dan tanggung jawab
- c) Pelaksanaannya sesuai perencanaan pemeliharaan dan pengawasan pemeliharaan
- d) Memperbaiki metode termasuk aspek ekonomis dalam organisasi

13.3. Efektivitas dan Efisiensi Manajemen Pemeliharaan

- a) Bagian awal dari proses manajemen pemeliharaan yaitu mengkondisikan keberhasilan pemeliharaan dalam suatu perusahaan, dan menentukan efektivitas pelaksanaan selanjutnya dari rencana pemeliharaan, jadwal, kontrol dan perbaikan
- b) Efektivitas yang jelas menekankan seberapa baik sebuah departemen atau fungsi memenuhi tujuan perusahaan dalam hal kualitas layanan yang diberikan, dilihat dari perspektif pelanggan
- c) Di bagian proses kita berurusan dengan efisiensi manajemen. Efisiensi menghasilkan limbah, biaya, atau usaha yang tidak perlu
- d) Sasaran bisnis mempertimbangkan kebutuhan dan keinginan pelanggan, pemegang saham, dan pemangku kepentingan lainnya. Tujuan bisnis umum ini dapat dikelompokkan menjadi: profitabilitas, pertumbuhan, dan risiko.

Profitabilitas adalah kondisi yang diperlukan yang memungkinkan kita, dalam jangka panjang, untuk mencapai tujuan lain. Oleh karena itu pemeliharaan harus jelas berkontribusi terhadap profitabilitas dan daya saing bisnis, atau efektivitas administrasi dan layanan publik.

Pertumbuhan dapat menjadi penting pada saat-saat yang berbeda dari siklus hidup produk, misalnya, di pasar dengan pertumbuhan tinggi memperoleh saham lebih mudah dan lebih berharga, mengurangi tekanan pada harga, memastikan akses ke teknologi, dll.

Risiko (orang, lingkungan, dan keamanan aset) adalah prioritas lain dalam bisnis saat ini. Meskipun undang-undang dan peraturan menetapkan kerangka kerja tertentu untuk keselamatan, risiko dapat selalu muncul sebagai konsekuensi dari pemasangan peralatan baru, kesalingtergantungan peralatan baru dan yang sudah ada, dll.

Strategi pemeliharaan yang diadopsi akan mengarah pada penentuan tanggung jawab manajemen pemeliharaan yang berbeda pada tingkat aktivitas yang berbeda. Manajemen pemeliharaan harus menyesuaikan tiga tingkatan dari aktivitas bisnis berikut ini:

a) Tindakan di tingkat strategis

Transformasi prioritas bisnis menjadi prioritas pemeliharaan dilakukan dengan menetapkan target penting dalam operasi. Analisis terperinci menciptakan item yang diukur, seperti kejadian kerusakan peralatan pabrik sehingga ini akan berdampak pada target operasional pabrik (misalnya, dengan menggunakan analisis kekritisan).

b) Tindakan di tingkat taktik

Tindakan ini akan menentukan penugasan sumber daya pemeliharaan (keterampilan, bahan, alat uji, dll.) untuk memenuhi rencana pemeliharaan. Akibatnya, program yang terperinci akan sesuai dengan semua tugas yang ditentukan dan sumber daya yang ditugaskan.

c) Tindakan di tingkat operasional

Tindakan ini akan memastikan bahwa tugas pemeliharaan dilakukan oleh teknisi yang terampil, dalam waktu yang dijadwalkan, mengikuti prosedur yang benar, dan menggunakan alat yang tepat. Akibatnya, pekerjaan akan selesai dan data akan dicatat dalam sistem informasi. Prosedur di tingkat operasional akan diperlukan untuk pekerjaan preventif, perbaikan peralatan, dan pemecahan masalah dengan tingkat perhatian yang tinggi.

13.4. Karakterisasi Manajemen Pemeliharaan

Karakterisasi manajemen pemeliharaan meliputi aspek: Proses, Kerangka dan Pilar Pendukung. Alasan dan pertimbangan dilakukannya karakterisasi manajemen pemeliharaan dikarenakan oleh beberapa hal berikut ini:

1) Kurangnya model manajemen pemeliharaan

Adanya kekurangan model yang dapat meningkatkan pemahaman mendasar tentang dimensi pemeliharaan. Perawatan sedikit "kurang berkembang" dengan kurangnya metodologi pencegahan yang efektif.

2) Diversifikasi luas dalam masalah perawatan

Biasanya, ada diversifikasi yang sangat luas dalam menghadapi masalah pemeliharaan, kadang-kadang tingkat variasi yang sangat tinggi dalam teknologi digunakan untuk memproduksi produk. Bahkan dalam sektor produktif yang sama; oleh karena itu, sudah sulit untuk merancang metodologi operasi penerapan umum.

3) Kurangnya dalam mengolah data dan pengetahuan

Manajer, supervisor dan operator biasanya menemukan bahwa kurangnya pengetahuan tentang pabrik dan proses adalah kendala utama, serta diikuti oleh kurangnya data historis, untuk menerapkan kebijakan pemeliharaan yang sesuai.

4) Kurangnya waktu untuk menyelesaikan analisis yang diperlukan

Banyak manajer menunjukkan bagaimana mereka tidak memiliki waktu yang cukup untuk melakukan analisis masalah pemeliharaan yang sesuai. Kegiatan sehari-hari dan kegiatan pengambilan keputusan mengalihkan perhatian mereka dari kegiatan-kegiatan fundamental ini untuk meningkatkan pemeliharaan.

5) Kurangnya dukungan dari kepala manajemen

Kurangnya kepemimpinan untuk merawat program peningkatan pemeliharaan, takut akan gangguan peningkatan produksi, dll. adalah penyebab umum keterbelakangan pemeliharaan dalam suatu organisasi

6) Implementasi teknologi manufaktur yang maju

Peningkatan otomatisasi dan pengurangan persediaan buffer di pabrik jelas memberi lebih banyak tekanan pada sistem pemeliharaan, karena gangguan aliran produksi dapat dengan cepat mengganggu sebagian besar operasi. Di pabrik yang sangat otomatis, keterbatasan

kontrol komputer, sifat terpadu dari peralatan, dan kebutuhan pengetahuan yang meningkat membuatnya lebih sulit untuk mendiagnosis dan memecahkan masalah peralatan. Ini membuat pemeliharaan sangat relevan dengan manajemen operasi untuk tetap produktif dan menguntungkan

7) Faktor keamanan dan lingkungan yang luar biasa

Selain proses dan isu-isu terkait teknologi yang disebutkan di atas, faktor keselamatan dan lingkungan seperti peraturan yang muncul tekanan pada pengelola pemeliharaan dan menambah kerumitan pada fungsi ini baru dan lebih mendesak. Kompleksitas manajemen pemeliharaan Indeks dapat membantu sebagai salah satu cara untuk membandingkan seluruh produksi yang berbeda lingkungan untuk membantu memutuskan usaha dan sumber daya yang diperlukan dan dipertahankan mereka.

13.5. Proses Manajemen Pemeliharaan

Tujuan generik proses manajemen pemeliharaan adalah untuk mengintegrasikan ide yang ditemukan di literatur untuk aset yang dibangun dan digunakan, bisa terdiri dari langkah-langkah manajemen berurutan berikut: 1). Perencanaan pemeliharaan aset: identifikasi aset, memprioritaskan aset sesuai dengan strategi pemeliharaan, identifikasi persyaratan kinerjanya sesuai dengan strategi, evaluasi kinerja aset saat ini, dan rencana untuk pemeliharaannya; 2). Menjadwalkan operasi pemeliharaan; 3). Mengelola eksekusi tindakan pemeliharaan (termasuk pengumpulan data dan pengolahan); 4). Mengevaluasi kinerja pemeliharaan; 5). Memastikan perbaikan berkelanjutan; dan 6). Mempertimbangkan kemungkinan desain ulang peralatan.

13.6. Perencanaan Pemeliharaan

Perencanaan pemeliharaan adalah kegiatan manajemen pemeliharaan yang dilakukan untuk mempersiapkan rencana perawatan. Untuk melakukan tugas pemeliharaan peralatan, kita harus memprioritaskan peralatan sesuai dengan strategi pemeliharaan maka kita dapat mengikuti kombinasi pendekatan berikut mungkin dapat diterapkan :

1. Mengadopsi rekomendasi pabrikan, seperti yang tercantum dalam manual pemeliharaan dan operasi atau dokumen sejenis, dll
2. Mengandalkan pengalaman nyata dengan barang atau barang serupa

3. Mempelajari dan menganalisis dokumentasi teknis dari setiap item, seperti diagram gambar, prosedur teknis, dll, untuk meningkatkan dan menyesuaikan rekomendasi yang datang dari produsen ke kondisi kerja yang nyata atau kebutuhan perawatan khusus
4. Menggunakan teknik pemeliharaan, seperti *Reliability Centered Maintenance* (RCM) berdasarkan FMECA atau metode lain dengan tujuan ini
5. Mempertimbangkan peraturan dan / atau persyaratan wajib, seperti keamanan kondisi operasi barang, peraturan lingkungan untuk barang tersebut, dll.
6. Pendekatan lain

Analisis tugas pemeliharaan menentukan informasi dan sumber daya spesifik untuk setiap item yang membutuhkan perawatan termasuk:

1. Deskripsi tugas pemeliharaan (dengan tingkat detail yang diperlukan untuk orang yang terlatih)
2. Frekuensi tugas (berdasarkan ukuran yang relevan seperti waktu pakai, jam operasi, jumlah siklus operasional atau jarak)
3. Jumlah personil, tingkat keterampilan dan waktu yang diperlukan untuk melakukan tugas
4. Prosedur pemeliharaan untuk pembongkaran, dan perakitan kembali
5. Prosedur keselamatan yang harus ditaati
6. Prosedur untuk penanganan, transportasi dan pembuangan bahan berbahaya
7. Alat khusus, peralatan uji dan peralatan pendukung yang diperlukan
8. Suku cadang, bahan dan barang habis pakai untuk digunakan atau diganti
9. Pengamatan dan pengukuran harus dilakukan
10. Memeriksa prosedur untuk memverifikasi operasi yang tepat dan penyelesaian tugas pemeliharaan yang berhasil

Berikut ini merupakan informasi yang memberikan masukan ke level analisis pemeliharaan: Data operasional peralatan, kuantitas dan lokasi; Perbaikan alternatif yang layak; Faktor biaya; Perbaikan personil dan sumber daya; Item keandalan dan pemeliharaan data; *Turnaround* dan

waktu transportasi ke dan dari fasilitas perbaikan; serta Kebijakan dan batasan pengguna.

Mengelola pemeliharaan merupakan tindakan eksekusi tugas pemeliharaan harus dilakukan dengan hati-hati dan perhatian pada aspek teknis isolasi, pembongkaran, pembersihan, perbaikan, mengganti, merakit kembali dan menguji peralatan dan komponen. Keamanan khusus dan prosedur lingkungan seperti pembuangan bahan berbahaya dan bahan habis pakai harus diikuti sebagaimana ditentukan. Informasi harus dicatat sehubungan dengan pengamatan yang dilakukan

Pemeliharaan preventif meliputi kegiatan-kegiatan: Mengumpulkan data teknis dan deskripsi tugas; Mendapatkan suku cadang dan peralatan dan peralatan pendukung; Persiapan tempat kerja seperti penutupan peralatan, isolasi dan prosedur penguncian; Membersihkan tempat kerja; Pengujian dan pembayaran; Pengamatan dan pengukuran; Merekam informasi yang diperlukan dan Waktu perawatan aktif.

Pemeliharaan korektif memerlukan langkah-langkah yang sama dengan tindakan pemeliharaan preventif, tetapi membutuhkan tugas tambahan identifikasi kesalahan, untuk mengidentifikasi lokasi dan sifat kegagalan serta perbaikan yang diperlukan atau penggantian komponen. Jika terjadi kegagalan besar, penyebabnya perlu untuk diselidiki dan bukti tersebut dikumpulkan sebelum perbaikan. Dalam hal apapun, identifikasi penyebab kegagalan harus tercapai dan terdaftar sebagai solusi yang diberikan untuk masalah. Informasi ini akan digunakan dalam analisa untuk perbaikan dan untuk membantu pemeliharaan masalah pada masa mendatang yang bersifat serupa.

Untuk menilai pemeliharaan, harus menggunakan ukuran yang sesuai. Efektivitas pemeliharaan dan dukungan pemeliharaan, seperti yang terlihat oleh pengguna peralatan. Faktor kinerja yang berhubungan dengan pengguna bisa diungkapkan dalam hal: Kapasitas produksi; Ketersediaan peralatan atau produksi; Waktu henti atau padam; Kinerja keselamatan dan lingkungan; Pemenuhan regulasi; Biaya operasi; Biaya pemeliharaan; Keuntungan perusahaan; dan Kualitas produk.

Pengukuran yang terkait dengan manajemen pemeliharaan umum dapat terdiri dari: Proporsi tugas yang direncanakan vs tidak direncanakan; Pekerjaan yang direncanakan tidak selesai tepat waktu; Variasi sumber

daya antara yang direncanakan dan aktual; Ketersediaan suku cadang; dan Tingkat pemanfaatan dan keterampilan tenaga kerja.

Penilaian tugas pemeliharaan preventif dan korektif dapat dilakukan baik setiap kali pemeliharaan dilakukan (seperti setelah kegagalan besar) atau pada secara berkala untuk meninjau kinerja keseluruhan, misal menurut jenis peralatan untuk A dengan periode waktu tertentu.

Untuk pemeliharaan korektif, kegagalan utama harus diselidiki sepenuhnya, mengidentifikasi tindakan pencegahan dan korektif. Untuk kegagalan besar atau mahal, dapat dilakukan analisis akar penyebab kegagalan. Akar penyebab kegagalan yang mendetil dapat dilakukan analisis yang terdiri dari: Membentuk tim ahli; Mengumpulkan bukti; Menganalisis hasil dan menentukan penyebab kegagalan, mungkin dengan melakukan FMEA, analisis pohon kesalahan atau metode lain; Tentukan akar penyebab kegagalan; Mengusulkan, menguji dan memvalidasi hipotesis; Merekomendasikan tindakan pencegahan; serta Menerapkan perbaikan.

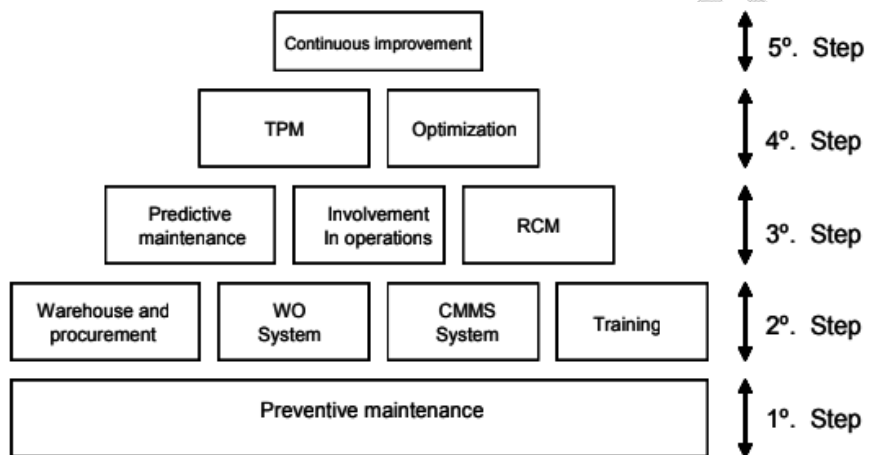
Dalam rangka memastikan perbaikan berkesinambungan perlu dilakukan peningkatan kegiatan serta dukungan pemeliharaan yang dapat dicapai oleh dukungan manajemen, proses dan komunikasi yang efektif. Peningkatan ke perawatan dan pemeliharaan dapat dicapai dengan perubahan dalam: Definisi pemeliharaan (jenis, lini pemeliharaan, dll., untuk peralatan); Tingkat pemeliharaan; Prosedur perawatan; Keterampilan dan pelatihan personil pemeliharaan dan produksi; Penggunaan sumber daya eksternal; Prosedur dan kondisi operasi; Prosedur keselamatan dan lingkungan; Peralatan dan desain sistem; Pemeliharaan peralatan; serta Suku cadang dan bahan.

Dalam rangka mempertimbangkan rancangan ulang peralatan (modifikasi) mungkin memerlukan penyediaan bahan baru dan suku cadang. Proses modifikasi harus didukung oleh konfigurasi sistem manajemen atau sistem manajemen perubahan lainnya untuk memastikan perubahan pada pemeliharaan dan dukungan perawatan yang dihasilkan dari modifikasi, diimplementasikan dan direkam melalui kontrol konfigurasi prosedur yang tepat. Modifikasi harus dievaluasi untuk memastikan tidak ada dampak negatif dukungan perawatan dan pemeliharaan.

13.7. Kerangka Manajemen Pemeliharaan

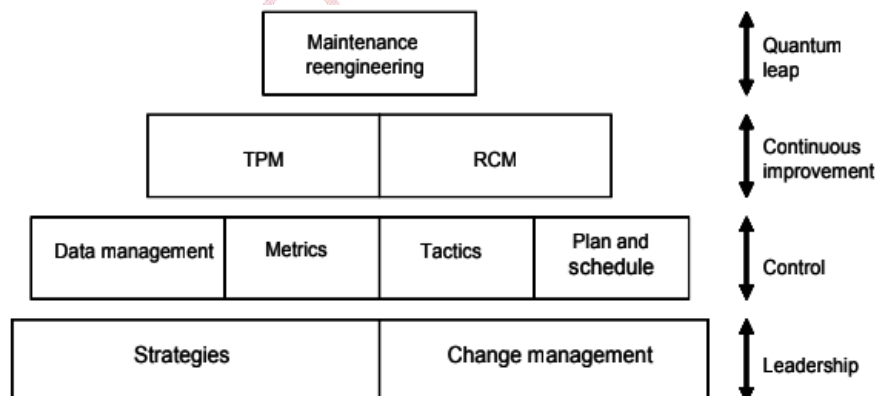
Kerangka Manajemen Pemeliharaan adalah perencanaan dan pengendalian yang meliputi keputusan terkait pemasaran, keuangan, dan produksi.

- a) Kerangka pemeliharaan menurut **Wireman** (Gambar 38)



Gambar 38. Kerangka pemeliharaan menurut Wireman

- b) Kerangka pemeliharaan menurut **Campbell** (Gambar 39)



Gambar 39. Kerangka pemeliharaan menurut Campbell

Yang dimaksud dengan mendefinisikan struktur untuk mendukung manajemen pemeliharaan adalah berbagai pertimbangan, data, kebijakan pelaksanaan pemeliharaan yang efektif, khususnya dalam teknologi pabrik modern. Untuk itu perlu mengetahui apa yang disebut dengan Proses manajemen pemeliharaan dan kerangka kerja. Proses manajemen pemeliharaan meliputi aspek: *Strategis*, mencakup rencana bisnis hingga rencana pemeliharaan; *Taktis*, mencakup rencana pemeliharaan ke tugas sumber daya dan penjadwalan tugas; serta *Operasional*, mencakup penyelesaian tugas yang tepat dan perekaman data. Sedangkan kerangka manajemen pemeliharaan yang dimaksud adalah: a). CMMS (*computer maintenance management system*), teknologi pemantauan kondisi; b). Pemeliharaan mesin: RCM, TPM, analisis data keandalan, model pengoptimalan kebijakan pemeliharaan, model OR; serta c). Organisasi teknik: Teknik manajemen hubungan, motivasi, keterlibatan operator, dll.

Pengelompokan teknik pemeliharaan meliputi:

- a) Teknik yang digunakan untuk mendesain sistem pemeliharaan
- b) Teknik yang digunakan untuk meningkatkan pelaksanaan kegiatan pemeliharaan dan produksi
- c) Teknik yang digunakan untuk mengontrol dan menilai kinerja pemeliharaan

Metode umum yang digunakan dalam industri untuk membuat analisis pemeliharaan diantaranya adalah:

- a) FMEA, Mode Kegagalan dan Analisis Efek
- b) FMECA, *Failure Modes Effects and Critical Analysis*
- c) HAZOP, Bahaya dan Analisis Operabilitas
- d) MA, Analisis Markov
- e) Analisis Urutan Peristiwa

Sedangkan jenis penalaran yang biasanya digunakan yaitu:

- 1) Metode induktif

Metode induktif memulai studi yang berangkat dari peristiwa tertentu dengan gagasan untuk mencapai implikasi sistem secara keseluruhan. Contoh metode induktif yang di gunakan di perusahaan: FMEA, FMECA, HAZOP, MA, Analisis Urutan Peristiwa.

2) Metode deduktif

Metode deduktif memulai studi dengan melanjutkan kemudian mempelajari penyebab peristiwa itu sampai tingkat detail yang ditetapkan untuk penelitian ini tercapai. Contoh metode deduktif: metode kualitatif dan kuantitatif.

Tujuan analisis kegagalan adalah sebagai metode untuk mengidentifikasi potensi dan metode risiko potensial untuk menilai potensi risiko. Ini juga umum untuk menemukan metode yang melibatkan banyak aspek dari kategori ini.

14. MAINTENANCE PLANNING AND SCHEDULING

14.1. Fungsi Perencanaan

- 1) Perencanaan dan penjadwalan merupakan simpul pertemuan dari semua aktivitas pemeliharaan. Kedua fungsi ini menilai tingkat profesionalitas hanya bagi mereka yang terlatih, berpengalaman, dan berkualifikasi profesional.
- 2) Perencanaan pemeliharaan adalah persiapan awal pekerjaan terpilih sehingga dapat dilaksanakan dengan cara yang efisien dan efektif ketika pekerjaan dilakukan di masa mendatang
- 3) Perencanaan pemeliharaan adalah suatu proses analisis terperinci untuk penentuan pertama dan kemudian untuk menggambarkan pekerjaan yang akan dilakukan, berdasarkan urutan dan metodologi
- 4) Perencanaan pemeliharaan menyediakan identifikasi semua sumber daya yang diperlukan, termasuk keterampilan, kapasitas staf, jam kerja, suku cadang dan bahan, peralatan dan peralatan khusus
- 5) Perencanaan pemeliharaan termasuk mengembangkan perkiraan biaya total dan mencakup persiapan penting, perawatan pasca-operasi dan memulai kembali upaya baik produksi dan pemeliharaan

14.2. Prinsip-Prinsip Perencanaan

- 1) Memahami misi terkait dengan tujuan perusahaan;
- 2) Selalu sadar akan besarnya *backlog* (pekerjaan yang belum terlayani/selesai);
- 3) Menghitung besarnya sumber daya yang tersedia secara efektif;
- 4) Menetapkan rencana untuk alokasi sumber daya yang tersedia untuk pekan kerja yang seimbang, mempertimbangkan kepentingan jangka panjang dan kebutuhan jangka pendek;
- 5) Mengkategorisasikan kerja konsisten dengan kategori alokasi sumber daya yang direncanakan;
- 6) Melaksanakan prioritas perencanaan (kategori & prioritas) untuk setiap pekerjaan;
- 7) Membagi pekerjaan ke dalam sekuensial kerja yang logis

- 8) Menyiapkan jadwal “minggu perencanaan” berdasarkan fase perencanaan kerja dengan tugas untuk menentukan kemajuan proses penyelesaian kerja setiap minggu;
- 9) Kerjakan apa yang direncanakan. Jangan mengerjakan pekerjaan baru kecuali pekerjaan baru itu mewakili tindakan tambahan untuk perencanaan kerja;
- 10) Ukur kemajuan dan kontribusi, jangan membuang tenaga yang tidak perlu

14.3. Mengelola *Backlog*

Pemeliharaan dikelola dengan mengelola *backlog* (pekerjaan/layanan yang belum diselesaikan). Tidak mungkin bagi sebuah perusahaan untuk bersikap proaktif jika sumber daya tidak dijaga seimbang dengan beban kerja. Jika mayoritas pekerjaan tidak direncanakan, tidak ada cara efektif untuk mengetahui besarnya *backlog* dan karena itu tidak dapat dikelola. *Backlog* juga merupakan indikator untuk dilakukannya peningkatan sumber daya ~ melalui lembur, penambahan staf, ataupun alih daya.

14.4. Penentuan Prioritas dan Kekritisian

Prioritas didasarkan pada tingkat kritisitas mesin dan jenis pekerjaan pemeliharaan yang harus dilakukan

- 1) Yang pertama, Penetapan kritisitas harus dilakukan bersama dengan bagian Produksi. Jika penetapan kritisitas belum ditetapkan maka akan dapat mengganggu kecepatan proses pemeliharaan.
- 2) Yang kedua, Jenis pekerjaan pemeliharaan, ditentukan oleh (1) kelas kerja, dan (2) kategori pekerjaan. Kelas kerja adalah atribut dinamis seperti perbaikan kerusakan atau perbaikan dari potensi kegagalan (misalnya, *bearing* yang terlalu panas) sementara kategori pekerjaan adalah atribut tetap seperti pemeliharaan preventif (mencegah hal yang tidak diinginkan) atau penggantian komponen mesin.

Tabel 6. Definisi Kelas Kerja

Indeks	Deskripsi	Arti
10	Kerusakan / Keamanan Kerja	Penghentian selama proses produksi. Tidak ada output produksi. Ancaman langsung terhadap kehidupan atau anggota tubuh. Dampak lingkungan atau sebuah situasi serius yang dapat mematikan peralatan
9	Produk/Kehilangan kualitas	Produk ~ rugi kualitas: Kerusakan yang tidak menghasilkan pemadaman tetapi menyebabkan masalah kualitas produk yang tidak dapat ditoleransi
8	Potensi Kerusakan	Masalah yang teridentifikasi yang harus dicek segera setelah produksi dibatasi (misalnya, <i>konveyor belt</i> merobek)
7	Pemeliharaan preventif	Perbaikan yang diidentifikasi dan dilakukan sebelum direncanakan untuk menghindari kerusakan (misalnya, inspeksi dan berjalan pengaturan)
6	Kondisi Kerja / Keamanan	Perubahan yang terjadi dalam lingkungan fisik baik estetis atau keamanan kecil dan keamanan kerja (misalnya, pengecatan ulang, perbaikan dan pintu / kunci kantor)
5	<i>Shutdown Work</i>	pekerjaan yang tidak cukup penting untuk pemadaman segera tetapi harus dilakukan selama periode pemadaman yang direncanakan (misalnya, perbaikan besar-besaran pekerjaan yang memiliki cakupan besar)
4	Pemeliharaan Normal	Perawatan rutin yang bisa direncanakan, dijadwalkan dan diselesaikan tanpa mengganggu produksi yang direncanakan (mis. rekondisi <i>gear case</i>)
3	Proyek dan eksperimen	Proyek-proyek yang untuk memodifikasi desain, atau meningkatkan fungsi peralatan atau proses (misalnya pemasangan <i>sealer</i> udara panas)
2	Pengurangan biaya	Pekerjaan yang menghasilkan perubahan operasional yang akan mengurangi biaya unit (mis., pengukuran batang silinder, menggantikan yang terbuka <i>bearing</i> dengan <i>bearing</i> tertutup)
1	Peralatan / suku cadang	Pembuatan beberapa suku cadang memperbaiki bagian-bagian (misalnya, memutar beberapa poros pompa cadangan di sebuah mesin bubut)

Tabel 7. Tugas Prioritas Perusahaan

Indeks	Judul	Rencana Kerja	Arti
E	Keadaan Darurat	Tidak dapat direncanakan	Harus segera dilakukan. Prioritas yang lebih tinggi dari pekerjaan yang dijadwalkan
1	Penting	Tidak dapat direncanakan	Diperlukan dalam beberapa jam, pada akhir shift paling lambat
2	Kritis	Biasanya tidak dapat direncanakan	Diperlukan dalam 24 jam. Serupa dengan pekerjaan mendesak
3	Tergesa	Setidaknya sebagian bisa direncanakan	Harus dilakukan sebelum akhir minggu. Biasanya, pekerjaan ini akan dijadwalkan untuk dimulai 48 jam setelah menerima pesanan kerja
4	Penting tapi bisa ditunda	Dapat direncanakan	Harus dilakukan sebelum akhir minggu depan. Pekerjaan ini dapat direncanakan secara efektif
5	Diinginkan	Dapat direncanakan	Menentukan pekerjaan yang diinginkan tetapi dapat ditunda. Dapat diselesaikan kapan saja dalam beberapa minggu ke depan
6	Mematikan	Dapat direncanakan	Pekerjaan membutuhkan pemadaman yang diprogram. Pesanan kerja dalam kategori ini diakumulasikan untuk perencanaan penutupan
7	Rutin	Dapat direncanakan	Digunakan khusus untuk pekerjaan rutin. Biasanya ditugaskan untuk pesanan <i>standing work</i>

Perintah Kerja

Dalam pemeliharaan dikenal ada tiga jenis / format perintah kerja dasar:

1. Perintah Kerja Formal, digunakan untuk pekerjaan yang masuk ke *backlog* dan yang dapat direncanakan setiap kali terjadi.
2. Standing Work Order (SWO), digunakan terutama untuk pekerjaan periodik yang dilakukan pada jadwal yang telah ditentukan.
3. Urutan Kerja yang tidak direncanakan / tidak terjadwal (karena adanya kerusakan), digunakan untuk pekerjaan yang seharusnya selesai pada hari berikutnya atau lebih, tanpa kesempatan untuk merencanakan sepenuhnya.

Sistem Perintah Kerja dan Alur Kerja

Proses pekerjaan pemeliharaan memerlukan panduan kerja sehingga dalam hal ini dikenal adanya Sistem perintah kerja dan alur kerja yang efektif, yaitu meliputi:

1. Menyaring pekerjaan yang tidak perlu dan tidak penting;
2. Menetapkan tanggung jawab;
3. Mengurangi kesalahan;
4. Memberikan pemahaman tentang apa yang harus dilakukan;
5. Menyediakan sarana pengisian tenaga kerja, material dan layanan luar ke pemilik peralatan yang berfungsi sebagai dokumen otorisasi;
6. Kumpulan dokumen untuk biaya pemeliharaan dan kontrol kinerja;
7. Sistem manajemen pemeliharaan terpadu;

Pengkodean Informasi Orde Kerja biasanya dalam kegiatan pemeliharaan mencakup: form perintah kerja, kode universal (penomoran, abjad, singkatan) yang standar, bila sistem pengkodean menggunakan rumusan sendiri maka harus dipublikasikan agar semua pihak yang terkait dapat memahaminya.

Kode Status Perintah Kerja, berguna untuk melacak perintah kerja saat mereka melaksanakan tugas pemeliharaan. Kode numerik dan abjad bersama dengan deskripsi dan orang yang bertanggung jawab untuk kode penugasan biasanya disediakan dalam bentuk tabel seperti dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Work Order Status Codes & Descriptions

Alternative Codes			
Numeric	Alpha	Description	Responsibility
01	P	Waiting to be planned	Data Entry
02	E	Waiting for engineering/ design	Planner
03	A	Waiting for management approval	Planner
04	PF	Deferred—Pending Funding	Controller
05	PO	Waiting for PO to be issued	Planner
06	M	Waiting for materials	Planner
07	FP	Received and ready for further planning	Receiving clerk
08	DW	Waiting for weekend downtime	Planner
09	DP	Waiting for programmed downtime	Planner
10	DS	Waiting for “no production scheduled”	Planner
11	DO	Waiting for downtime window opportunity	Planner
12	R	Ready to be scheduled	Planner
13	FI	Ready for fill-in assignment	Planner
14	S	Scheduled	Planner
15	CM	Completed-materials/ rebuilding pending	Planner
16	CP	Completed-pending print revision	Planner
17	C	Closed-moved to history	Planner

Kegiatan yang juga penting untuk dilakukan dalam rangkaian kegiatan pemeliharaan adalah mengumpulkan catatan riwayat pemeliharaan. Catatan riwayat pemeliharaan dapat meliputi: pekerjaan yang sudah dilakukan, komponen apa yang terpengaruh karena kegiatan

pemeliharaan. Kondisi komponen dan penyebab kegagalan adalah elemen kunci untuk akumulasi riwayat pemeliharaan peralatan. Selain itu, juga memberikan informasi yang berharga untuk melakukan analisa kegagalan.

14.5. Perencanaan dan Penjadwalan

Fungsi perencanaan dan penjadwalan adalah pusat dari semua kegiatan pemeliharaan dikoordinasikan. Perencanaan dan penjadwalan sangat erat terkait, tetapi mempunyai fungsi berbeda.

Perencanaan (bagaimana melakukan pekerjaan itu) adalah sebuah proses analisis rinci untuk menentukan dan menggambarkan pekerjaan yang harus dilakukan, urutan tugas dan metodologi, serta identifikasi kebutuhan sumber daya, termasuk keterampilan, jam kerja, suku cadang dan bahan, alat dan peralatan khusus. Juga termasuk perkiraan total biaya dan mencakup persiapan penting dan memulai kembali upaya produksi serta pemeliharaan.

Penjadwalan (kapan harus melakukan pekerjaan) adalah proses dimana sumber daya yang diperlukan dialokasikan untuk pekerjaan tertentu pada waktu pelanggan internal dapat membuat peralatan terkait atau situs kerja dapat diakses. Dengan demikian, referensi yang disarankan adalah "Penjadwalan dan Koordinasi".

Proses Perencanaan Dapat Dilakukan Dengan Cara:

- a) Mengontrol aktivitas kerja pemeliharaan dalam kendali sistem kerja pabrik
- b) Menentukan tingkat detail yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas pemeliharaan dan pemecahan masalah
- c) Menggunakan riwayat pemeliharaan dalam merencanakan pemeliharaan korektif dan pekerjaan berulang
- d) Mengidentifikasi dukungan yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan
- e) Mempersiapkan dan menyusun paket pekerjaan pemeliharaan, termasuk: prosedur dan persetujuan paket kerja; pembaruan paket kerja dan pembaruan riwayat pemeliharaan

Suatu sistem perencanaan, penjadwalan, koordinasi, pelaksanaan dan penutupan kegiatan kerja pemeliharaan harus ditentukan dengan jelas berdasarkan SOP.

Tingkatan Rencana Kerja

Setiap faktor yang mungkin tertunda atau menghambat penyelesaian pekerjaan yang efektif harus diantisipasi dan disediakan untuk masuk paket perencanaan. Berikut adalah definisi yang diturunkan yang berlaku untuk level perkembangan detail dalam perencanaan pekerjaan:

Simple

Every Job Plan/Work Order will have reasonable detail in its description and scope of work

Safety Issues will be identified

Labor estimates and downtime will be established

Skills will be determined and assigned

Average

Everything in a simple job plan will be expected as well as the following:

Detailed JSA's, increased detail in the disassembly, assembly, installation, corrective repair steps

Specifications are included. Ex. Torque values, clearances, wear limits, etc.

Materials are allocated and received prior to work starting

Special tools and equipment identified

Work area housekeeping and tool returns

More details in follow-up comments expected for improvement of process.

Advanced

Everything in a simple and average job plan will be expected as well as the following:

Engineering drawings included as the complexity of the job plan warrants

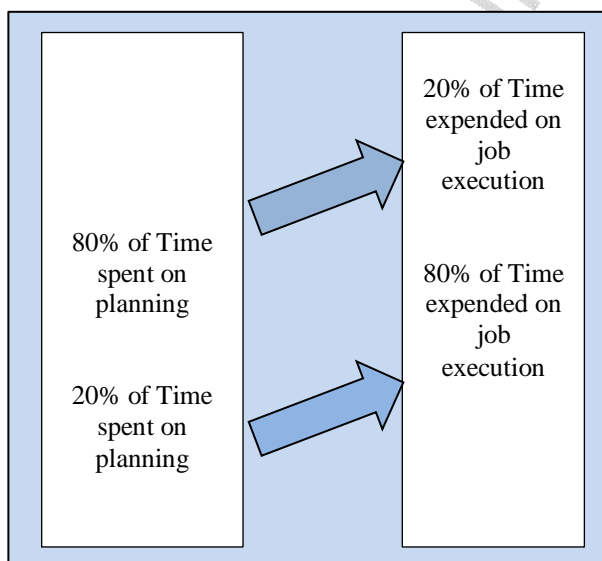
Schematics supplied as part of the job plan as necessary

Testing requirements and Quality controls detailed

Special needs and hazards are identified within the job plan.

Prinsip Pareto dalam Perencanaan Pemeliharaan

Prinsip Pareto (Gambar 40), sering disebut sebagai aturan 80/20, yang menyatakan bahwa item yang paling banyak (signifikan) biasanya mewakili porsi yang relatif kecil dari total item dalam grup. Kebijakan terfokus dan dipikirkan dengan baik dan jelas, menunjukkan bahwa upaya untuk mengendalikan "beberapa hal vital" dapat membawa hasil di luar proporsi upaya yang dikeluarkan. Prinsip Pareto berlaku untuk fungsi perencanaan kerja: bila 80% waktu digunakan untuk perencanaan maka pada pelaksanaannya akan butuh 20% waktu untuk eksekusi pekerjaan pemeliharaan, demikian terjadi sebaliknya.



Gambar 40. Prinsip pareto dan perencanaan kerja

Timbal Balik

Penting bagi perencana pemeliharaan untuk mengetahui apakah perencanaannya dan pekerjaan menyediakan layanan yang mereka lakukan sesuai dengan pekerjaan yang diminta pada pesanan kerja. Apakah jadwal berhasil diselesaikan? Apa sudah sesuai dengan jadwal yang disusun? Apakah ada kekurangan jadwal karena perencanaan yang tidak lengkap

atau buruk? Agar proses ini berhasil dan bermakna, pengawas juga harus mengkritik teknisi mereka selama dan setelah setiap pekerjaan.

Pengguna Survei Rencana Kerja

- a) Pengawas Perencanaan Pemeliharaan: supervisor perencanaan pemeliharaan dapat memulai survei rencana kerja untuk dipilih bertujuan pemantauan kualitas rencana kerja. Ini mungkin dimulai sebelum bekerja dan menemani perintah kerja.
- b) Pengawas Kerja: supervisor yang bertanggung jawab atas pelaksanaan pekerjaan harus memulai pekerjaan survei rencana sebagai sarana iklan formal yang membutuhkan rencana kerja atau diperlukan peningkatan dan perubahan.

Penjadwalan

Kegiatan penjadwalan pemeliharaan pada prinsipnya adalah kegiatan memastikan daya personil dan material tersedia pada waktu dan tempat tertentu. Penetapan penjadwalan bertujuan agar dapat mencapai keadaan alat di posisi maksimum. Untuk ini diperlukan beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu: Pemanfaatan personil terbaik, Pernyataan prioritas untuk pemeliharaan dan operasi, Sarana komunikasi pemeliharaan, Kontrol waktu setiap pekerjaan, dan Definisi tanggungjawab pemeliharaan.

Prasyarat penjadwalan yang efektif adalah mempertimbangkan beberapa hal berikut: Lead time, Penjadwalan dalam kisaran wajar, Tuntutan khusus/berat tidak dijadwalkan, Kebutuhan perlu tersedia terlebih dahulu, Pekerjaan darurat dapat mengorbankan pekerjaan terjadwal, mempertimbangkan adanya pekerjaan tambahan.

Langkah-langkah dalam mempersiapkan jadwal pemeliharaan dimulai dari menyiapkan formulir jadwal, menentukan jumlah pekerjaan, menentukan sesuai acuan, membandingkan pekerjaan dengan tenaga kerja, mengurutkan prioritas, mendaftarkan perintah kerja, dan melakukan koordinasi jadwal mingguan.

Pedoman praktik penjadwalan yaitu: Buat daftar kerja sesuai prioritas, Jadwalkan semua pekerjaan sesuai jam kerja yang ada, dan Libatkan manajemen. Sedangkan untuk ruang lingkup penjadwalan,

meliputi: Penentuan ketersediaan sumber daya, Pertemuan perencanaan jadwal mingguan, Penjadwalan pemeliharaan preventif, Dukungan pelaksanaan pekerjaan, serta Tugas pekerjaan ke teknisi tertentu.

Penjadwalan harus mempertimbangkan hal-hal berikut: Peringkat prioritas pekerjaan, Apakah semua materi yang diperlukan untuk pesanan kerja ada di pabrik (jika tidak, perintah kerja tidak harus dijadwalkan), Perkiraan kenyataan dan apa yang mungkin terjadi dari jadwal yang direncanakan, kemudian Fleksibilitas harus dibangun dalam jadwal, terutama dalam pemeliharaan.

Tiga level jadwal perencanaan pemeliharaan meliputi: jadwal jangka panjang atau master untuk mencakup periode 3 bulan hingga satu tahun; jadwal mingguan untuk mencakup satu minggu; dan jadwal harian yang meliputi pekerjaan yang harus diselesaikan masing-masing hari.

Persyaratan efektif penjadwalan meliputi beberapa hal berikut ini: Perintah kerja tertulis yang berasal dari proses perencanaan yang disusun dengan baik; Standar waktu yang didasarkan pada teknik pengukuran kerja; Informasi tentang ketersediaan material untuk setiap shift; Persediaan suku cadang dan informasi tentang penyetakan ulang; Informasi tentang ketersediaan peralatan dan alat khusus yang diperlukan untuk pemeliharaan; dan Akses ke jadwal produksi dan pengetahuan tentang kapan fasilitas dapat tersedia untuk layanan tanpa mengganggu jadwal produksi.

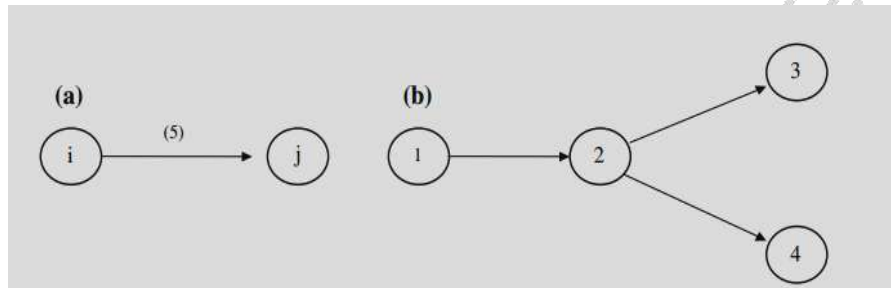
Sedangkan kendala dalam penjadwalan pemeliharaan biasanya meliputi sebagai berikut: ketersediaan tenaga kerja (keterampilan);

Peralatan dan Peralatan; dan Ketersediaan Suku Cadang

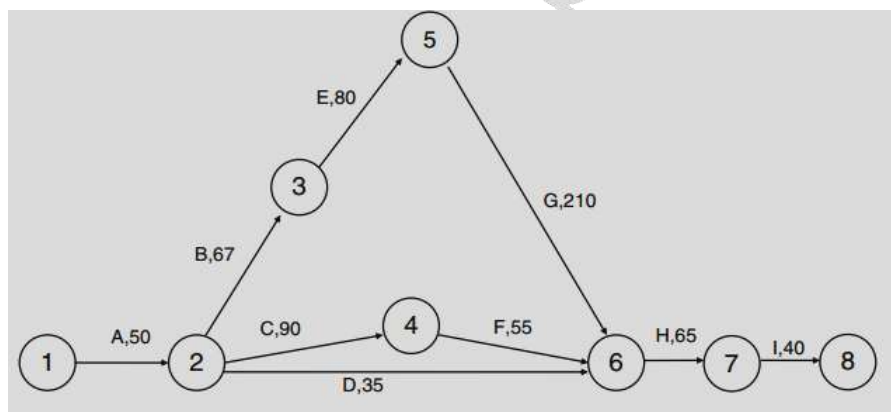
Penjadwalan dapat dibuat dengan metode jaringan proyek pemeliharaan. Berikut ini adalah aturan untuk membangun jaringan proyek:

1. Setiap aktivitas diwakili oleh satu dan hanya satu panah di jaringan.
2. Tidak ada dua aktivitas yang dapat direpresentasikan oleh simpul awal dan akhir yang sama. Di keadaan tertentu, ini mungkin memerlukan pembuatan kegiatan tiruan untuk mematuhi aturan ini. Aktivitas boneka adalah aktivitas dengan durasi nol untuk

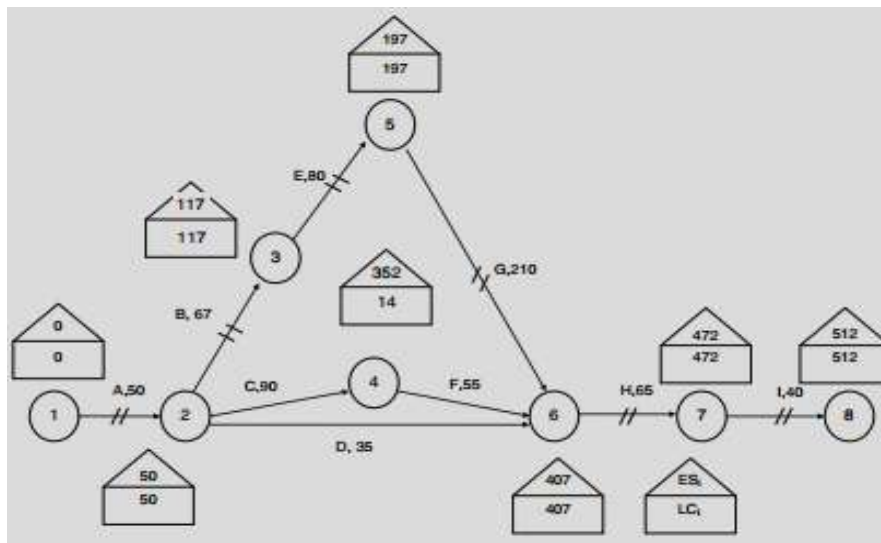
mengembangkan representasi jaringan yang benar dari proyek yang menunjukkan hak.



14.6. Pekerjaan dan Perhitungan Jalur Kritis (*Critical Path Method = CPM*)



Pekerjaan kritis adalah pekerjaan yang jika terjadi keterlambatan waktu mulai, akan menyebabkan keterlambatan dalam penyelesaian keseluruhan proyek maka perlu diberi prioritas pengerjaannya. Jalur kritis yaitu urutan kerja pemeliharaan yang perlu dikerjakan menurut jalur tersebut agar tercapai efisiensi dan efektivitas kerja pemeliharaan kritisnya.



Variabel yang digunakan dalam perhitungan didefinisikan sebagai berikut:

D_{ij} : Durasi pekerjaan (i, j)

ES_i : Waktu mulai paling awal dari semua aktivitas yang berasal dari node i

ES_0 : 0 (Waktu mulai paling awal di node awal (node 0))

LC_i : Waktu penyelesaian terbaru untuk semua aktivitas yang memasuki node i

LC_n : ES_n , di mana n adalah simpul akhir

ES_j : $\text{Max} \{ES_i + D_{ij}\}$ untuk semua aktivitas (i, j) dalam diagram jaringan

LC_i : $\text{Min} \{LC_j - D_{ij}\}$ untuk semua aktivitas (i, j) dalam diagram

Jalur maju untuk diagram jaringan perbaikan bantalan adalah sebagai berikut:

$$ES_1 = 0$$

$$ES_2 = ES_1 + D_{12} = 0 + 50 = 50$$

$$ES_3 = ES_2 + D_{23} = 50 + 67 = 117$$

$$ES_4 = ES_2 + D_{24} = 50 + 90 = 140$$

$$ES_5 = ES_3 + D_{35} = 117 + 80 = 197$$

$$DS_6 = \text{Max} [ES_2 + D_{26}, ES_4 + D_{46}, ES_5 + D_{5,6}]$$

$$\begin{aligned}\text{Maks} & [50 + 35,140 + 55,197 + 210] = 407 \\ \text{ES}_7 & = \text{ES}_6 + D_{67} = 407 + 65 = 472 \\ \text{ES}_8 & = \text{ES}_7 + D_{78} = 472 + 40 = 512\end{aligned}$$

Jalur mundurnya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{LC}_8 & = 512 \\ \text{LC}_7 & = \text{LC}_8 - D_{78} = 512 - 40 = 472 \\ \text{LC}_6 & = \text{LC}_7 - D_{67} = 472 - 65 = 407 \\ \text{LC}_5 & = \text{LC}_6 - D_{56} = 407 - 210 = 197 \\ \text{LC}_4 & = \text{LC}_6 - D_{46} = 407 - 55 = 352 \\ \text{LC}_3 & = \text{LC}_3 - D_{35} = 197 - 80 = 117 \\ \text{LC}_2 & = \text{Min} [\text{LC}_3 - D_{23}, \text{LC}_4 - D_{24}, \text{LC}_6 - D_{26}] \\ & = \text{Min} [117 - 67, 352 - 90, 407 - 35] = 50 \\ \text{LC}_1 & = \text{LC}_2 - D_{12} = 50 - 50 = 0\end{aligned}$$

Jalur kritis dapat diidentifikasi dari perhitungan ini. Suatu kegiatan (i, j) terletak di jalur kritis jika memenuhi kondisi berikut:

$$\begin{aligned}\text{ES}_i & = \text{LC}_i \\ \text{ES}_j & = \text{LC}_j \\ \text{ES}_j - \text{ES}_i & = \text{LC}_j - \text{LC}_i = D_{ij}\end{aligned}$$

Hasil akhir dari perhitungan CPM harus menyediakan jadwal untuk semua kegiatan yang menyamakan sumber daya. Kegiatan kritis harus dijadwalkan pada mereka waktu mulai paling awal karena pekerjaan ini tidak memiliki kelonggaran. Kegiatan non-kritis memberikan fleksibilitas dalam penjadwalan dan meratakan sumber daya. Masing-masing tidak kritis mereka didefinisikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Tf}_{ij} & \quad \text{LC}_j - \text{ES}_i - D_{ij} \\ \text{Ff}_{ij} & \quad \text{ES}_j - \text{ES}_i - D_{ij}\end{aligned}$$

14.7. Turnaround Maintenance

Pemeliharaan *Turnaround* (TA) adalah perawatan secara berkala dimana mesin industri dalam kondisi mati untuk memungkinkan inspeksi, perbaikan, dan penggantian.

Selama pemeliharaan ini, pekerjaan yang dilakukan:

- a) Bekerja pada peralatan yang tidak bisa dilakukan kecuali seluruh mesin industri mati
- b) Pekerjaan yang dapat dilakukan saat peralatan dalam operasi, tetapi membutuhkan jangka panjang pekerjaan pemeliharaan dan sejumlah besar personel perawatan.
- c) Cacat yang dibawa selama operasi, tetapi tidak bisa diperbaiki, akan dipertahankan selama periode pemeliharaan ini

Tujuan dari pemeliharaan TA adalah:

- a) Memperluas atau mengubah aset untuk mewujudkan proyeksi pendapatan dengan meningkatkan kapasitas produksi, meminimalkan biaya operasi, dan mengurangi *downtime*.
- b) Meminimalkan risiko untuk karyawan di daerah sekitarnya peralatan operasi.
- c) Mencapai *figures* anggaran dan memastikan kehidupan ekonomi ramalan aset dicapai.
- d) Mengubah operasi peralatan untuk mengatasi persyaratan hukum dan atau kewajiban seperti penataan lingkungan

Turnaround Maintenance Planning

Perencanaan untuk TA harus mulai 6-8 bulan sebelum memulai pelaksanaan pekerjaan yang sebenarnya. Proses perencanaan berasal oleh tujuan yang dinyatakan di atas, dan untuk tujuan masing-masing, tujuan operasional yang sesuai dirumuskan dan digabungkan dengan serangkaian tugas pemeliharaan untuk mencapai tujuan pemeliharaan TA.

Jadwal pemeliharaan TA harus mempertimbangkan berikut:

- a) Batasan hukum,
- b) Pengoperasian jadwal,
- c) Sifat dari proses,
- d) Cukup waktu untuk mempersiapkan rencana keseluruhan, pembelian bahan, dan dengan asumsi ketersediaan tenaga kerja, dan
- e) Operasi jadwal lain industri terkait.

14.8. Pelaporan Pemeliharaan

Pelaporan pemeliharaan merupakan laporan kemajuan harian, dan sebagian besar digunakan untuk pemantauan dan kontrol. Laporan

pemeliharaan merinci semua pekerjaan yang dilakukan dan memberikan fakta-fakta dan gambaran dari pemeliharaan. Penyelesaian laporan biaya terdiri dari biaya bahan, biaya tenaga kerja dan layanan kontrak. Berikut ini beberapa contoh form laporan pemeliharaan.

Attendees at Weekly Schedule Planning Meeting	
Operations/Maintenance Weekly Planning Meeting	
Attendees	Purpose/Objective
Scheduler	Moderate/Chair Meeting, Complete Weekly Schedule, Coordinate All Activities
Planner	Provide Backlog Status – Unavailable Work, Describe Unusual Planned Work Packages, etc.
Preventive Maint. Group Supervisor	Obtain, compare and review scheduled preventive maintenance printout (CMMS)
Planned Maint. Group Zone* Supervisor	Advise & Consent to Schedule All Resources, Identify Windows of Other Commitments
Area Storeroom/Parts Supervisor	Identify Scheduled Parts and Materials Staging Requirements
Maintenance Engineering Liaison	Attendance based on projects or tests to be planned or scheduled
Production Line/Zone Supervisor	Advise & Consent to Schedule Off-line Windows for Planned Work
Empowered EM Team Leader	Coordinate Equipment Off-line periods, Identify Autonomous Maintenance Requirements
Support Activities Supervisor(s) -by invitation	Mobile Equipment, Crane, Rigging, Fabrication, etc., Support Requirements Coordination
Safety/Environmental Representative(s)	Ensure Compliance With Applicable Codes and Regulations
<small>* When maintenance is organized differently than shown in Appendix B – for example, planned work execution is organized by specific trade skills – then each trade supervisor should attend the weekly maintenance schedule planning group meeting.</small>	

Typical Daily Work Schedule Entries

DAILY WORK SCHEDULE				
DAY	Thursday	CREW/CRAFT		
DATE	10/12/2005	Zone 2 PM Group		
Work Order No.	Equip. No.	Description	Craftsman	Time
04-55743-01	71021	Rebuild Bal.	Wayne	7:30AM
04-54371-01	73012	Fabricate Table	Joe	10:00AM
04-54365-02	73010	Replace Drive/ Align	Jason, Rob	12:30PM
Schedule Breakers				
04-55774-01	72002	Replace/Adj. Clutch	Bill	3:00PM

Schedule Compliance Worksheet

Maintenance Schedule Compliance			
Week of: _____			
Adjusted Daily Scheduled	Hours	Work Completed	Schedule Compliance
Monday	48	40	83.3%
Tuesday	42	40	95.2%
Wednesday	46	38	82.6%
Thursday	48	44	91.7%
Friday	44	42	95.5%
Week:	228	204	89.5%
Notes: Wednesday: Lost Rob at 12:00 to Emergency job in FAB.			

Determining Available Labor Hours

Labor Hours Available vs. Labor Hours Paid		
Paid Labor Hours	52 weeks × 5 days × 8 hours	2080 hours
Less Adjustments		
Vacation (average)	12 days × 8 hours	96 hours
Holidays (typical)	10 days × 8 hours	80 hours
Sick (average)	4 days × 8 hours	32 hours
Break Time (typical)*	2/day @ 15 minutes each	117 hours
Training, Welfare, etc.	6 days × 8 hours	48 hours
Available		1707 hours
Available Percentage	1707 hours ÷ 2080 hours	82%
*260 days - 26 days = 234 days; 234 days × 0.5 hours = 117 hours		

15. MAINTENANCE STRATEGY

15.1. *Maintenance and The Industrial Organization*

1. Etzioni mendefinisikan organisasi sebagai kelompok manusia (individu dan kelompok individu) yang dibangun dan direkonstruksi untuk tujuan tertentu
2. Organisasi dilihat sebagai sistem terbuka yang mengambil masukan dari lingkungan dan mengubahnya dengan serangkaian kegiatan melalui beberapa tujuan
3. Sistem terbuka: bersifat kontinyu / interaksi dengan lingkungannya dan mencapai kondisi mantap sambil tetap mempertahankan kapasitas untuk bekerja (transformasi)
4. Sistem ini terbuka dalam arti dapat bereaksi tidak hanya pada input langsung dan output tetapi juga perubahan lingkungan sekitarnya

15.2. **Pandangan Sistem Manajemen Pemeliharaan**

Beberapa penulis memodelkan organisasi industri sebagai sistem sosio-teknis yang terdiri atas berbagai subsistem. Kast dan Rosenzweig melihatnya sebagai sistem sosio-teknik dengan lima subsistem (input dan output yang terkait dengan sendirinya akan berinteraksi dengan subsistem lainnya):

1. Pengaturan yang berorientasi pada tujuan
2. Subsistem teknis: bagian yang menggunakan pengetahuan, teknik, peralatan, dan fasilitas
3. Subsistem struktural: orang-orang yang bekerja bersama dalam kegiatan terpadu
4. Subsistem psikososial: orang dalam hubungan sosial, terkoordinasi oleh subsistem manajerial
5. Subsistem manajerial: merencanakan dan mengendalikan keseluruhan upaya, yaitu memastikan bahwa kegiatan organisasi secara keseluruhan diarahkan menuju pencapaian tujuan

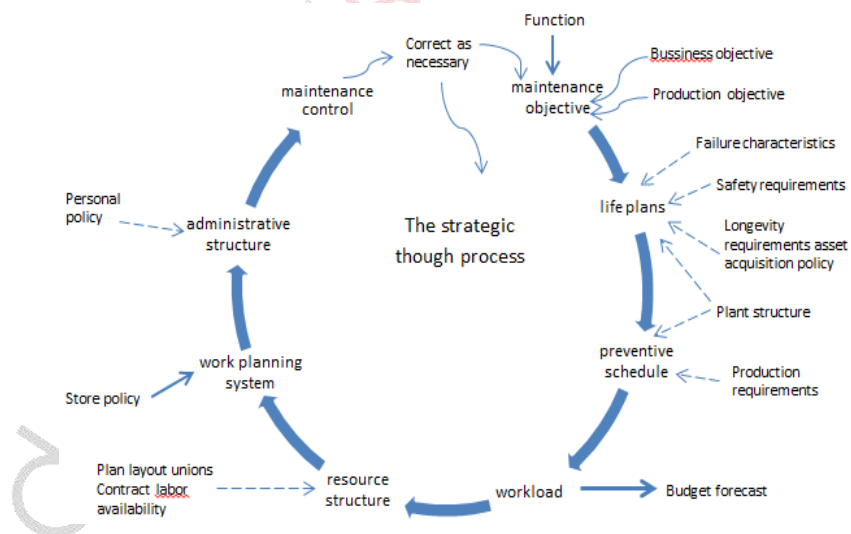
15.3. Fungsi-Fungsi Organisasi

- *Fungsi manajemen perusahaan* (subsistem master) mengatur dan mengarahkan tujuan dan strategi organisasi, mengkoordinasi dan mengendalikan subsistem lainnya untuk mencapai tujuan yang ditetapkan
- *Fungsi akuisisi aset modal* untuk memilih, membeli, menginstal dan komisioning aset fisik, suatu fungsi yang dilakukan melalui upaya gabungan dari beberapa subsistem lainnya (misalnya desain, keuangan, proyek)
- *Fungsi pemeliharaan* untuk mempertahankan integritas aset fisik dengan memperbaiki, memodifikasi atau mengganti seperlunya saja

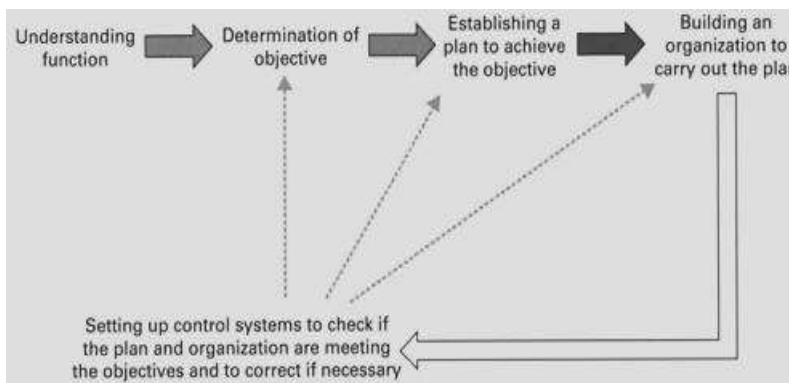
15.4. Formulating Maintenance Strategy

Yaitu merancang strategi optimal untuk mempertahankan proses produksi di industri, yang memiliki tujuan (Gambar 41):

- Menyediakan pengelolaan pemeliharaan dengan pendekatan yang komprehensif dan sistematis
- Merancang organisasi pemeliharaan dan pengaturan sistem dokumentasi dan kontrol yang sesuai



Gambar 41. Proses pemikiran strategis



Gambar 42. Tahapan dasar proses manajemen

15.5. Perencanaan Pemeliharaan Strategis (Gambar 42)

- Proses pemikiran strategisnya dimulai dengan tujuan pemeliharaan (yang lebih rendah dari tujuan perusahaan)
- Dilanjutkan melalui organisasi rencana kehidupan melalui kontrol
- Fungsi pemeliharaan mungkin dipengaruhi oleh hubungan dinamisnya dengan fungsi produksi harus dipahami dengan jelas. Setelah hal ini terjadi, selanjutnya dapat ditentukan untuk mencapai tujuan pemeliharaan

Mengasumsikan departemen produksi dan pemeliharaan terpisah, memiliki manajer dan anggaran terpisah, fungsi dan tujuan pemeliharaan tetap berbeda dari fungsi dan tujuan produksi. Dalam kasus ini, jauh lebih mudah untuk memastikan bahwa tujuan produksi dan pemeliharaan adalah cocok. Terkait dengan 'memaksimalkan profitabilitas dalam jangka panjang' (yang mengakui kelangsungan hidup perusahaan sebagai tujuan itu sendiri), tujuan pemeliharaan dan produksi tidak dapat dipisahkan dan keduanya harus kompatibel dengan tujuan perusahaan.

15.6. Beban Kerja

- a) Jadwal dipengaruhi oleh rencana produksi - yang merupakan fungsi dari permintaan pasar, pola operasi, redundansi pabrik, penyimpanan antar tahap dan tahap akhir, dll
- b) Jadwal pemeliharaan menghasilkan beban kerja pemeliharaan

- c) Beban kerja adalah pengaruh tunggal terbesar dalam ukuran dan bentuk pemeliharaan organisasi

15.7. Organisasi Pemeliharaan

Elemen utama organisasi pemeliharaan yaitu: struktur sumber daya, struktur administrasi, dan sistem organisasinya.

Struktur sumber daya (Gambar 43)

- a) Struktur sumber daya adalah tataletak dari tenaga kerja, suku cadang, alat dan informasi, fungsi, komposisi, ukuran dan logistiknya
- b) Tujuan desain struktur sumber daya untuk mencapai pemanfaatan sumber daya yang terbaik, untuk kecepatan respon dan kualitas pekerjaan yang diinginkan. Hal ini, sebagian melibatkan kecocokan terbaik dari sumber daya untuk beban kerja. Dalam rotasi pergeseran, penggunaan tenaga kerja kontrak --fleksibilitas antar pabrik, dan pemeliharaan produksi-- dapat memengaruhi proses pencocokan ini.

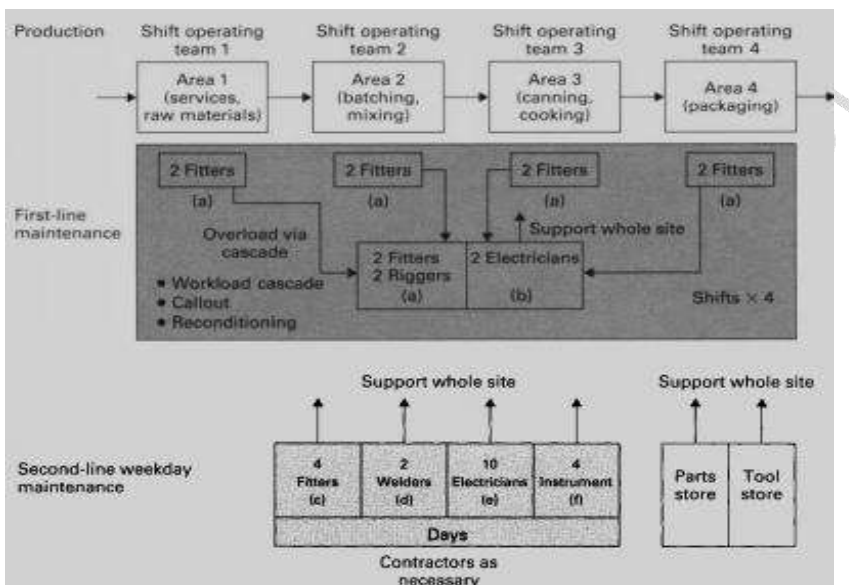
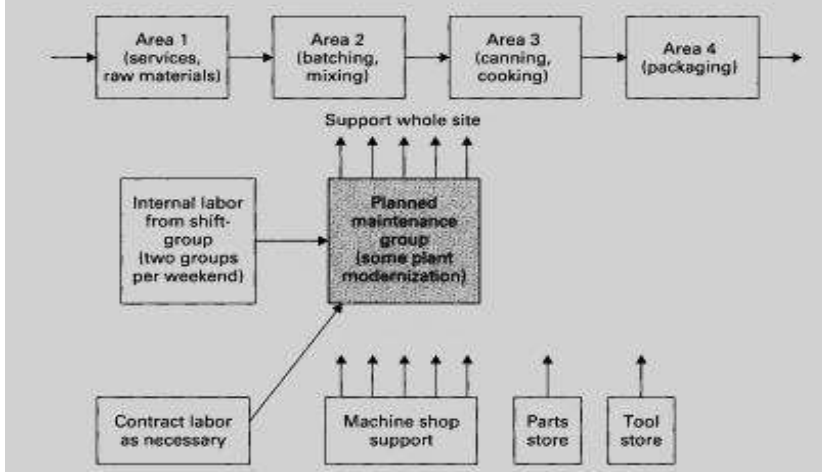


Figure 3.9 Weekday resource structure

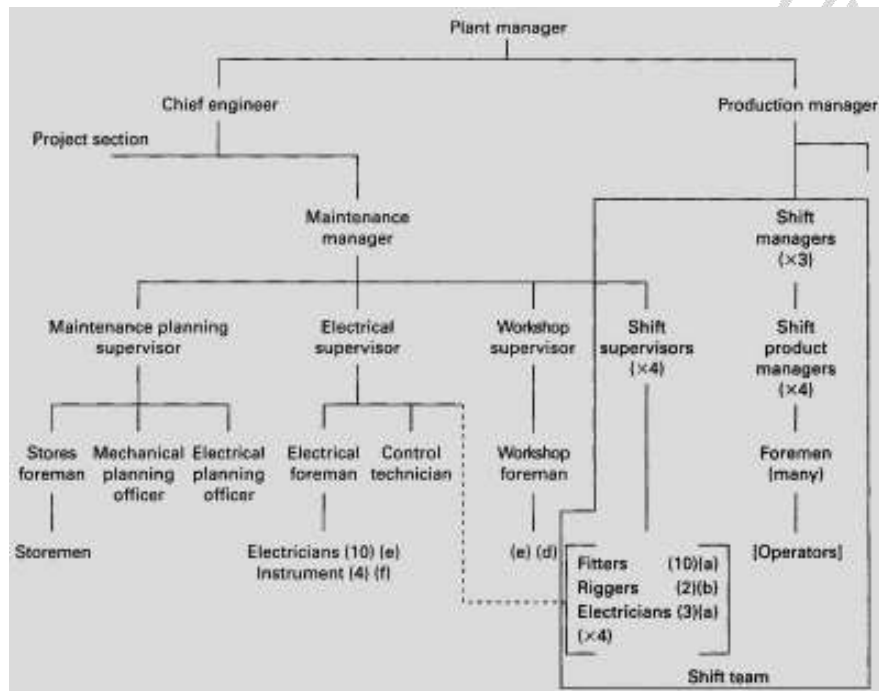


Gambar 43. Struktur sumberdaya weekend (second-line weekend)

Struktur administrasi (Gambar 44)

- Ini dapat dianggap sebagai hierarki peran kerja, diberi peringkat oleh otoritas dan tanggung jawab untuk memutuskan apa, kapan dan bagaimana pekerjaan pemeliharaan harus dilakukan

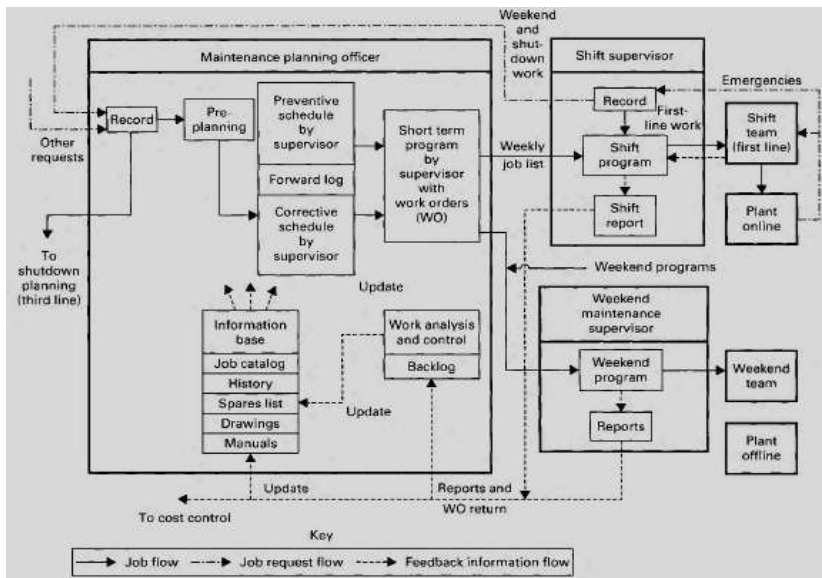
- b) Keputusan-keputusan kunci dalam desain administrasi pemeliharaan dapat dibagi antara bagian atas dan struktur bawah



Gambar 44. Struktur administrasi

Perencanaan pekerjaan pemeliharaan (Gambar 45)

Desain perencanaan pekerjaan pemeliharaan bertujuan untuk mendapatkan keseimbangan antara biaya perencanaan sumber daya dan penghematan secara langsung dan tidak langsung. Biaya pemeliharaan dihasilkan dari penggunaan sumber daya tersebut. Sistem perencanaan dirancang di sekitar struktur sumber daya itu, memiliki sistem perencanaan shift (baris pertama), sistem perencanaan akhir pekan (baris kedua) dan sistem perencanaan penutupan tahunan (baris ketiga, tidak diperlihatkan secara terperinci).



Gambar 45. Sistem perencanaan kerja

Organisasi pemeliharaan

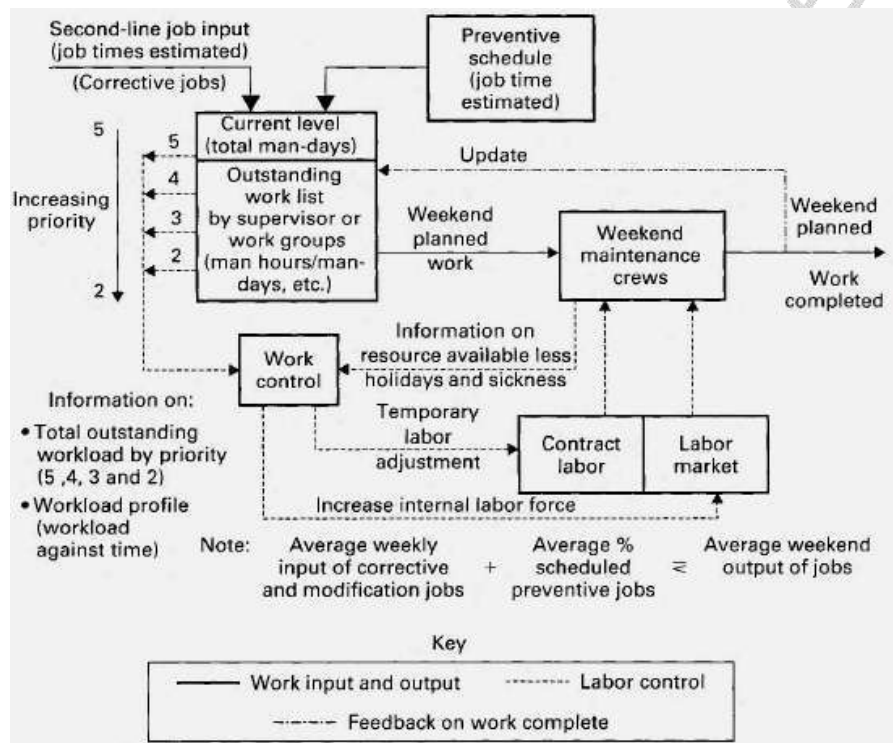
Merancang organisasi membutuhkan banyak keputusan yang saling terkait yang harus dibuat masing-masing dipengaruhi oleh berbagai faktor; seperti di mana menempatkan tenaga kerja, bagaimana fleksibilitas antar unit, siapa yang bertanggung jawab untuk suku cadang, bagaimana memutuskan tanggung jawab untuk operasi dan pemeliharaan pabrik.

15.8. Sistem Kontrol Pemeliharaan

Sistem kontrol kerja melengkapi perencanaan kerja, sistem ini fungsi utamanya adalah mengontrol alur kerja (preventif dan korektif) melalui prosedur prioritas pekerjaan dan melalui informasi tentang masa depan, ketersediaan sumber daya. Sejumlah indeks kinerja yang digunakan membantu proses ini, yaitu:

- Total hari-hari dalam *log forward*
- Hari-hari dalam catatan ke depan berdasarkan prioritas
- Man-days* dalam *backlog*
- Persen pekerjaan yang direncanakan selesai per periode
- Persen pekerjaan preventif selesai per periode

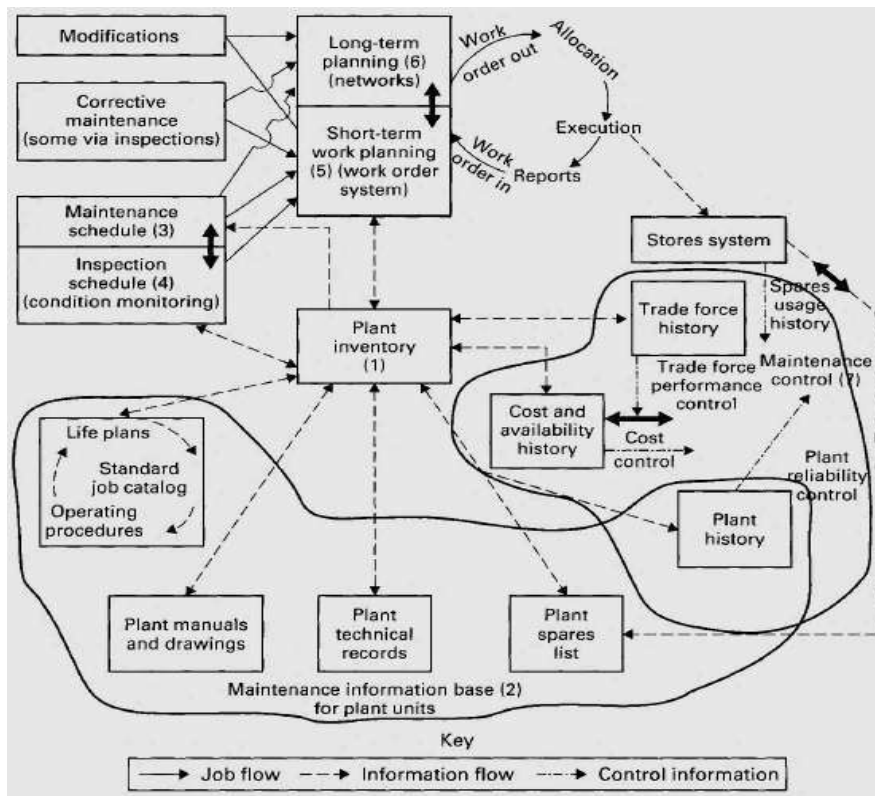
Sistem kontrol diperlukan untuk memastikan bahwa organisasi pemeliharaan mencapai tujuannya. Sebagai ilustrasi contoh sistem kontrol kerja dapat dilihat pada Gambar 46.



Gambar 46. Prinsip kontrol kerja

Dokumentasi Pemeliharaan

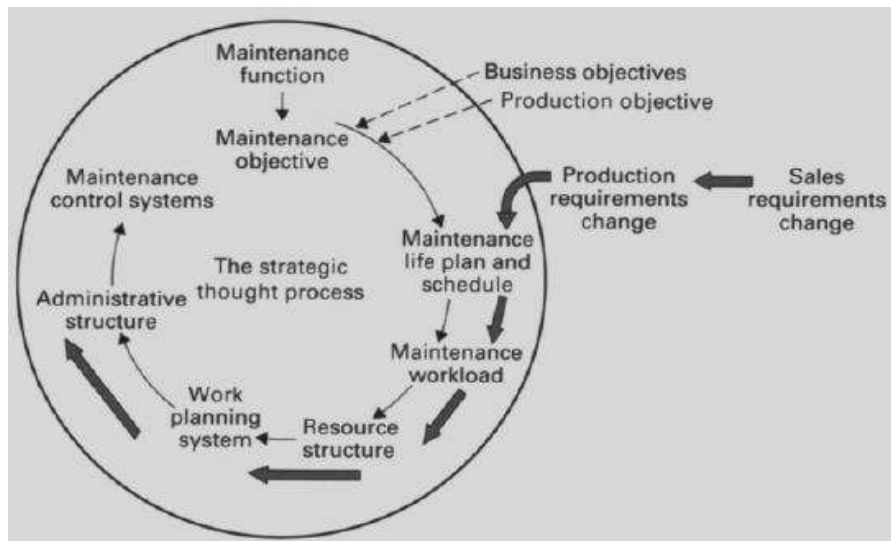
Beberapa bentuk sistem dokumentasi formal --untuk pengumpulan, penyimpanan, interogasi, analisis dan pelaporan informasi (jadwal, manual, gambar atau file komputer)-- diperlukan untuk memfasilitasi pengoperasian semua elemen manajemen pemeliharaan. Sebagai contoh ilustrasi dari sistem dokumentasi pemeliharaan dapat dilihat pada Gambar 47.



Gambar 47. Model fungsional dari sistem dokumentasi pemeliharaan

15.9. Proses Pemikiran Strategis

Departemen pemeliharaan membutuhkan strategi manajerial. Proses pemikiran itu ditunjukkan pada Gambar 48 dimulai dengan reaksi penjualan-produksi ke permintaan pasar, perubahan yang dihasilkan dalam pola operasi pembangkit dan peningkatan produksi, perencanaan pemakaian jangka panjang (*life-plan*) yang membutuhkan rencana pemeliharaan, jadwal pemeliharaan yang diubah/dimodifikasi, dengan demikian perubahan beban kerja, memodifikasi organisasi dan sistem perawatan, memahami dan menerapkan jenis strategi, analisis sistem manajemen pemeliharaan yang efektif.

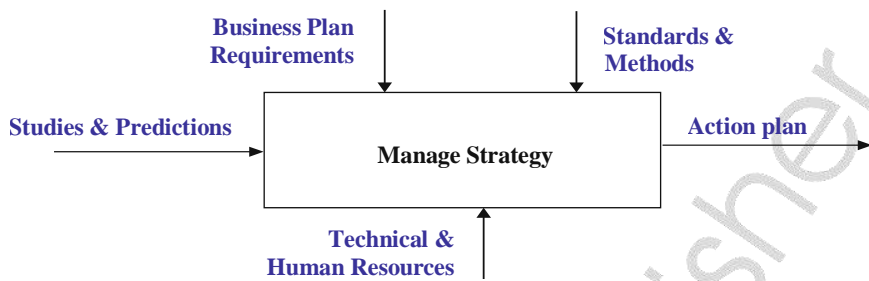


Gambar 48. Pengaruh permintaan pasar terhadap strategi pemeliharaan

15.10. Managing Maintenance Strategy (Gambar 49)

Proses *Manage Strategy* adalah mengatur dan memadukan kegiatan manajemen pemeliharaan untuk mencapai tujuan. Proses ini juga menganalisis bahwa tujuan ini selaras dengan tujuan perusahaan. Proses ini harus memimpin dan melakukan elaborasi prosedur pemeliharaan, standarisasi dan harmonisasi operasi berdasarkan praktik terbaik, dan menjaga semua dokumentasi diperbarui dan disetujui sesuai dengan aturan pemeliharaan yang mencakup: rencana aksi, prosedur, manual dan panduan, peraturan dan perundang-undangan, teknis instruksi, spesifikasi, format dan basis data.

Proses *Manage Strategy* akan menghasilkan: rencana aksi untuk mengatasi semua fungsi operasional yang menetapkan proses; pola operasional; mekanisme koordinasi; standarisasi staf; keterampilan; tugas kerja; aturan dan hasil.



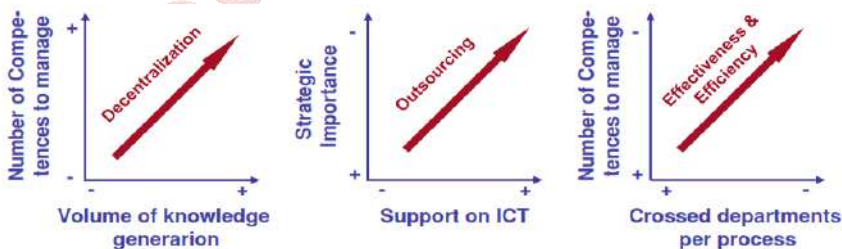
Gambar 49. Strategi mengelola pemeliharaan

Mendefinisikan Organisasi Pemeliharaan

Pada saat membuat organisasi pemeliharaan, ada masalah kunci yang perlu dipertimbangkan saat menentukan fleksibilitas dan efisiensi untuk mencapai sasaran, seperti:

- Jenis hubungan internal dan eksternal dengan pemasok, departemen lain, agensi, klien, dll.
- Tingkat hierarkis untuk kegiatan operasional dan manajemen
- Sentralisasi dan desentralisasi operasional dan manajemen
- Penggunaan sumber daya internal atau eksternal (subkontrak) untuk kegiatan pengembangan
- Pengukuran dan pengembangan keterampilan dan spesialisasi staf teknis
- Tingkat dukungan pada teknologi informasi dan komunikasi

Mengelola Strategi Pemeliharaan (Gambar 50)



Gambar 50. Strategi: desentralisasi, outsourcing, efisiensi & efektivitas

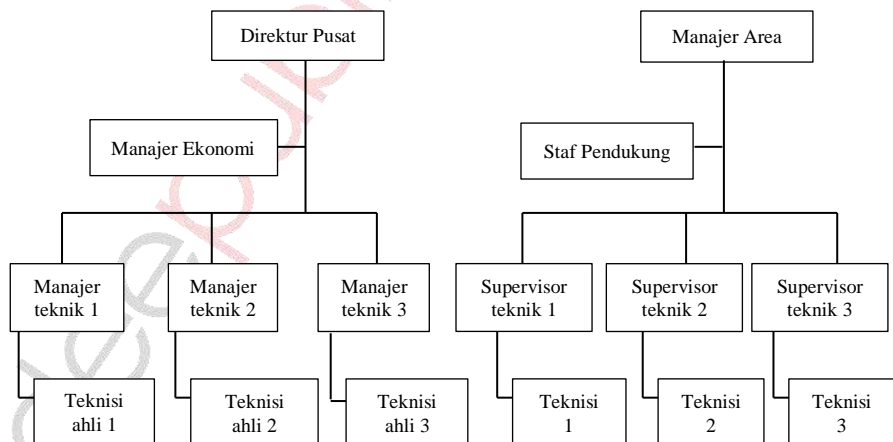
- Desentralisasi: ketika jumlah kompetensi yang terlibat tinggi, dan tingkat pengelolaan pengetahuan juga tinggi maka pendelegasian dan desentralisasi digunakan sehingga perusahaan lebih fleksibel
- *Outsourcing*: ketika bobot strategis kegiatan dalam bisnis rendah, dan dukungan pada ICT maju (dalam kendali dan pemantauan), maka keterlibatan pihak eksternal bisa lebih efisien terutama ketika memilih mitra yang lebih khusus
- Efisiensi & efektivitas: ketika jumlah organisasi lintas operasi per proses rendah dan jumlah kompetensi juga rendah, maka efisiensi & efektivitas dalam operasional akan meningkat

15.11. Merancang Organisasi

Untuk mendesain organisasi pemeliharaan dalam jaringan, kita harus mempertimbangkan masalah yang disebutkan di atas serta kemungkinan hukum dan geografis lainnya persyaratan untuk menyediakan layanan di area distribusi yang bersangkutan. Ada tiga jenis struktur organisasi: dekonsentrasi, delegasi, dan devolusi.

1) Dekonsentrasi (Gambar 51)

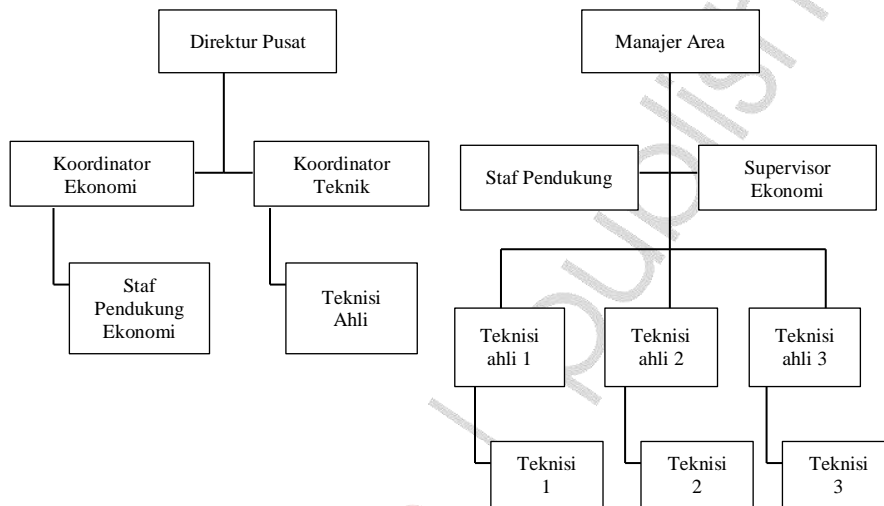
Struktur organisasi yang otoritas pengambilan keputusan dalam anggaran dan teknis pertimbangannya sangat terpusat untuk mengawasi operasi di daerah terdistribusi.



Gambar 51. Organisasi-dekonsentrasi

2) Delegasi (Gambar 52)

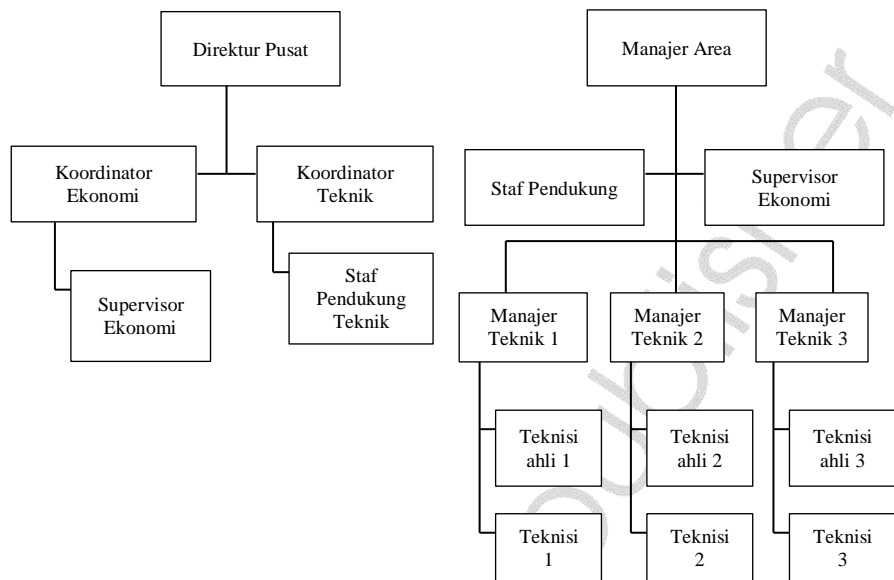
Struktur organisasi yang otoritas pengambilan keputusan dalam anggaran dan teknis pertimbangannya didelegasikan tetapi akhirnya dikendalikan oleh organisasi pusat.



Gambar 52. Organisasi delegasi

3) Devolusi (Gambar 53)

Struktur organisasi yang otoritas pengambilan keputusan dalam anggaran dan teknis pertimbangannya adalah *quasi-transfer* ke area distribusi, meskipun kolaborasi di antara area-area dapat dibentuk dalam beberapa masalah.



Gambar 53. Organisasi devolusi

Tiga Jenis Organisasi

- Fungsional - Ketika personil diatur oleh kelompok teknis, dipandu oleh pengawas dan dipimpin oleh manajer yang sama
- Berorientasi pada proses - Ketika personil diatur oleh partisipasi mereka dalam proses secara mandiri sesuai dengan keterampilan dan kapasitas mereka
- Matriks - Ketika personil diatur dengan ketergantungan ganda, satu dari kapasitas fungsional dan lainnya tergantung pada partisipasi mereka dalam proses atau proyek. Karena itu setiap teknisi memiliki dua manajer

Sizing Organisasi

Untuk melakukannya, masalah ukuran dibagi menjadi dua masalah yang berbeda, satu yang berfokus pada estimasi tingkat manajerial, dan yang kedua itu berkonsentrasi pada desain tenaga kerja operasional.

Langkah-langkah yang diusulkan untuk ukuran organisasi pemeliharaan:

- Tentukan jenis organisasi dari sudut pandang operasional

- Tentukan aktivitas operasional dasar
- Menganalisis kompetensi manusia untuk melakukan kegiatan
- Tentukan spesifikasi pekerjaan sesuai kompetensi
- Alokasikan kegiatan untuk spesifikasi pekerjaan
- Klasifikasikan aktivitas terkait jenis pelaksanaannya: mendesak / terjadwal /terlambat
- Perkirakan beban kerja kuantitatif pada tingkat operasional pertama dalam hal kegiatan perkiraan dan waktu berjalannya

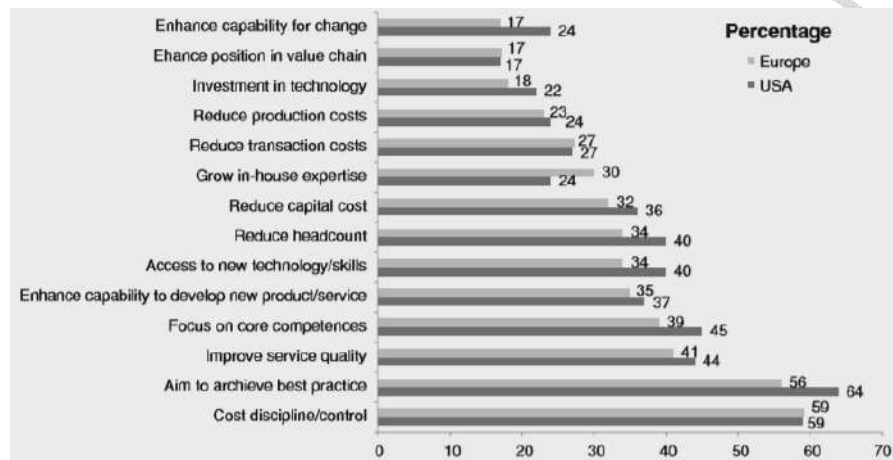
Teknik Prediksi Kualitatif dan Kuantitatif

Teknik kualitatif didasarkan pada pengalaman atau pengukuran terhadap tolok ukur, dan mereka terutama dipekerjakan untuk implementasi yang cepat. Teknik kuantitatif didasarkan pada kecenderungan (termasuk hubungan proporsional dengan indikator kinerja) atau pemodelan statistik, dan mereka terutama digunakan ketika ada cukup data dan informasi historis

Outsourcing Services in Maintenance

Outsourcing didefinisikan sebagai pelimpahan fungsi bisnis secara keseluruhan atau sebagian ke perusahaan lain bersama dengan bagian dari kontrol administratif dan operasional. Hubungan kontrak dibuat antara dua perusahaan, pemasok dan pelanggan

Alasan Pemilihan *Outsourcing* (Gambar 54)



Gambar 54. Alasan pemilihan *outsourcing*

Kelebihan *Outsourcing*

- Pengurangan biaya, dengan kualitas yang sama untuk menggunakan pemasok yang lebih khusus
- Biaya restrukturisasi, mengubah biaya tetap dengan biaya variabel dalam hal yang disediakan jasa
- Merangsang pekerjaan lokal melalui kontrak dengan perusahaan lokal
- Memperoleh anggaran cepat dengan menjual aset
- Peningkatan kualitas untuk spesialisasi yang lebih tinggi
- Akses ke pengetahuan ahli dari luar
- Standarisasi dan akses ke skala ekonomi
- Pembilasan sumber daya untuk tujuan lain
- Meningkatkan fokus perusahaan
- Memperbaiki manajemen fungsi-fungsi sulit untuk ditangani
- Mengoptimalkan tugas-tugas rutin
- Membagikan risiko atas fleksibilitas permintaan dengan perusahaan pemasok
- Memberikan jaminan hukum dalam layanan

- Mengembangkan hubungan antara aspek keuangan dan tingkat layanan
- Titik awal untuk perubahan dalam organisasi
- Kecepatan melalui *reengineering*

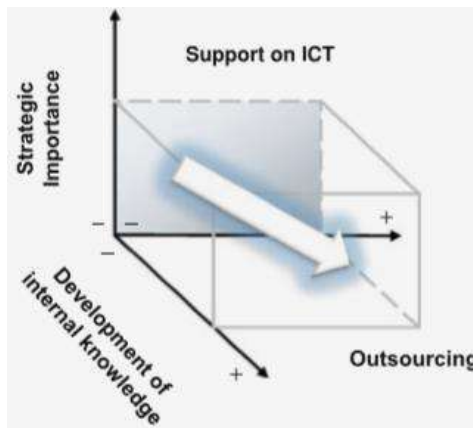
Potensi Risiko dan Kerugian

- Harapan yang tidak dipenuhi dalam skenario yang dikembangkan untuk menghasilkan proses *outsourcing*
- Perubahan kualitas karena pelanggaran perjanjian layanan, baik oleh pengetahuan atau kemampuan perusahaan pemasok, atau oleh kesalahan dalam definisi dari perusahaan yang sama
- Hilangnya pengetahuan atau keterampilan melalui transfer ke pemasok, dimana lebih banyak kesulitan untuk mempertahankan dan meningkatkan
- Kehilangan kontrol atas fungsi eksternal sumber pembelajaran untuk staf internal
- Ketergantungan oleh pemasok dapat menimbulkan konsekuensi yang merugikan bagi klien
- Kehilangan keamanan oleh staf yang dipindahkan ke pemasok
- Opini publik dan internal karena pekerjaan *outsourcing* untuk perusahaan lain
- Hilangnya motivasi staf, karena dapat menciptakan perasaan keterasingan di dalam perusahaan klien bahwa pekerjaan mereka tidak bernilai

Kriteria *Outsourcing* (Gambar 55)

Pertimbangan:

- a) Nilai strategis
- b) Konsumsi biaya dan sumber daya
- c) Kontribusi terhadap kualitas
- d) Pengetahuan yang terlibat
- e) Kendalikan kemungkinan



Gambar 55. Kriteria *outsourcing*

Maintenance Budget

Biaya pemeliharaan dapat diukur dengan metode *Activity Based Costing* (ABC) yaitu pembiayaan berbasis kegiatan. Aktivitas berbasis sistem akuntansi:

- a) Memilih basis biaya,
- b) Menelusuri sumber daya untuk kegiatan,
- c) Menentukan ukuran aktivitas,
- d) Menetapkan kegiatan sekunder,
- e) Menghitung biaya aktivitas, dan
- f) Menentukan pengukuran kinerja aktivitas

Scheduling Maintenance Work

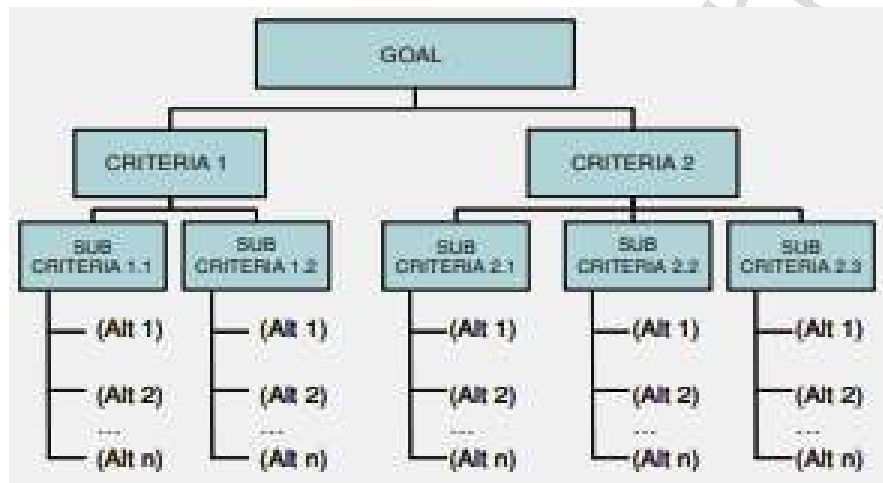
Pertama berurusan dengan masalah penentuan kekritisitas aset dalam jaringan dan kemudian mendiskusikan metode untuk menetapkan tugas prioritas mempertimbangkan faktor-faktor lain seperti urgensi kebutuhan dan peringkat pelanggan.

Metode Menentukan Asset Criticality

Metode yang dapat digunakan untuk memprioritaskan aset menurut kekritisannya dengan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) meliputi: Dekomposisi; Penilaian komparatif; dan Komposisi hierarki atau sintesis prioritas

Dekomposisi

Prinsip dekomposisi diterapkan untuk menyusun suatu masalah kompleks menjadi hierarki klaster, sub-cluster dan sebagainya (Gambar 56).



Gambar 56. Contoh hierarki keputusan

Penilaian Komparatif

Digunakan memperoleh prioritas lokal dari elemen dalam klaster sehubungan dengan induknya. AHP menggunakan satu set perbandingan satu-satu untuk mengevaluasi alternatif di bawah setiap kriteria

Komposisi Hierarki atau Sintesis Prioritas

Prinsip komposisi hierarkis sintesis diterapkan untuk memperbanyak prioritas lokal dari elemen-elemen di dalam sebuah klaster oleh prioritas global dari elemen induk, menghasilkan prioritas global untuk elemen level terendah (alternatif).

Prosedur yang harus diikuti untuk analisis AHP:

1. Menyatakan tujuan
2. Menentukan kriteria
3. Mengidentifikasi alternatif
4. Menentukan skala setiap kriteria

5. Alternatif evaluasi untuk masing-masing kriteria
6. menghitung penilaian pada pasangan kriteria alternatif dan tentukan kriteria pembobotan dan konsistensinya
7. Menentukan hierarki kekritisian peralatan akhir

Metode Menentukan *Activity Priority*:

- Menimbang bahwa jumlah kegiatan bisa melebihi ukuran sumber daya atau waktu untuk resolusi yang tepat dalam utilitas jaringan, mekanisme yang dinamis harus ditetapkan untuk mengaturnya sesuai kepentingan mereka dan memaksimalkan manfaat yang menghasilkan biaya yang ditimbulkan pemeliharaan.
- Metode yang paling banyak diterima/dipakai adalah NUCREC. Faktor-faktor penting dengan nilai dari kepentingan tertinggi hingga kepentingan terendah: Tingkat Kebutuhan Urgensi, Tingkat Peringkat Pelanggan dan, Tingkat Kekritisian Peralatan.

16. TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE

16.1. Total Productive Maintenance (TPM)

TPM adalah suatu konsep program tentang pemeliharaan yang melibatkan seluruh pekerja melalui aktivitas grup kecil (Nakajima: 1988). Lebih lanjut Roberts (1997) mengatakan bahwa TPM adalah suatu program pemeliharaan yang melibatkan suatu gambaran konsep untuk pemeliharaan peralatan dan pabrik dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas serta pada waktu yang sama dapat meningkatkan kepuasan kerja dan moril karyawan.

TPM meliputi beberapa hal seperti komitmen total terhadap program oleh kalangan manajemen puncak, pemberian wewenang yang lebih luas kepada pekerja untuk melakukan tindakan korektif, dan merupakan aktivitas yang membutuhkan waktu relatif lama untuk pelaksanaannya serta prosesnya berlangsung secara kontinyu. TPM menjadikan kegiatan pemeliharaan menjadi fokus yang penting dalam bisnis dan tidak lagi dianggap sebagai kegiatan yang tidak menguntungkan. Dalam TPM, *downtime* untuk pemeliharaan dijadwalkan sebagai bagian dari proses produksi sehari-hari dan bahkan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari proses produksi tersebut.

Pencapaian tujuan TPM menurut Nakajima (1988) dilakukan melalui:

- a. Perbaikan efektivitas perlengkapan: pekerja mampu memahami dan memeriksa efektivitas peralatan melalui identifikasi dan pemeriksaan semua kerugian-kerugian yang mungkin terjadi, seperti kerugian akibat *downtime*, kerugian karena peralatan tidak beroperasi pada keadaan optimal dan kerugian akibat cacat.
- b. Pencapaian pemeliharaan individu: memungkinkan pekerja yang mengoperasikan suatu peralatan untuk bertanggung jawab atas beberapa tugas pemeliharaan, seperti: tugas reparasi, tugas pencegahan, dan tugas perbaikan keseluruhan.
- c. Perencanaan pemeliharaan: pendekatan sistematis terhadap semua kegiatan pemeliharaan. Perencanaan ini melibatkan identifikasi keadaan dan tingkat pelaksanaan *Preventive Maintenance* yang

diperlukan untuk tiap perlengkapan, membuat standar kondisi untuk pemeliharaan, menentukan tanggung jawab untuk masing-masing staf operasi dan staf pemeliharaan sehingga peran masing-masing staf operasi dan staf pemeliharaan menjadi lebih jelas.

- d. Melatih semua staf dengan keahlian pemeliharaan yang memadai dan sesuai.
- e. Tanggung jawab yang telah dibebankan kepada staf operasi dan staf pemeliharaan masing-masing memerlukan keahlian yang sesuai untuk melaksanakannya, untuk itu TPM memberi penekanan terhadap pelatihan yang tepat dan terus menerus.
- f. Mencapai secepat-cepatnya *zero maintenance* melalui *Maintenance Prevention* (MP). *Maintenance Prevention* mengikutsertakan pertimbangan sebab-sebab kegagalan dan kemampuan pemeliharaan selama tahap desain, tahap manufaktur, tahap pemasangan termasuk tahap penyiapannya. Sebagai bagian dari suatu proses secara keseluruhan, TPM mencoba melacak masalah pemeliharaan yang potensial timbul untuk dikembalikan ke akar permasalahannya, sehingga masalah tersebut dapat dihilangkan pada titik penyebab awal permasalahan.

16.2. Tujuan *Total Productive Maintenance*

TPM juga bertujuan untuk menghilangkan kerugian proses yang dibagi menjadi:

a. Kerugian Karena *Downtime*

Kerugian sistem produksi yang masuk dalam kelompok ini adalah akibat dari peralatan yang tidak bisa digunakan pada proses produksi untuk sementara waktu. Kerugian ini bisa dibagi lagi menjadi dua kategori, yaitu: *Breakdown* serta *Setup dan Penyesuaian*. Kerugian *breakdown* disebabkan karena kegagalan sporadis ataupun kronis. Kegagalan sporadis terjadi ketika perubahan terjadi dalam beberapa kondisi (metode kerja, dan kondisi peralatan), sedangkan kegagalan kronis terjadi ketika ada beberapa kerusakan tersembunyi dalam mesin atau peralatan.

Kerugian selama setup dan penyesuaian terjadi ketika produksi satu item berakhir dan peralatannya dimodifikasi atau disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan item lainnya.

b. Kerugian Karena Kinerja Buruk

Kategori ini memfokuskan pada penggunaan peralatan yang hilang sebagai akibat dari hasil peralatan yang dijalankan pada kecepatan yang kurang dari maksimum. Kapabilitas produksi yang hilang ini masuk dalam subkategori: *Reduksi Kecepatan* serta *Penghentian Minor*. Kerugian *reduksi kecepatan* terjadi ketika ada perbedaan antara kecepatan yang diinginkan dengan kecepatan aktual; serta kecepatan desain yang lebih rendah daripada standar teknologi yang ada atau kondisi yang diinginkan. Ini bisa terjadi karena kurangnya konfidensi (atau kemalasan) operator dalam proses manufaktur.

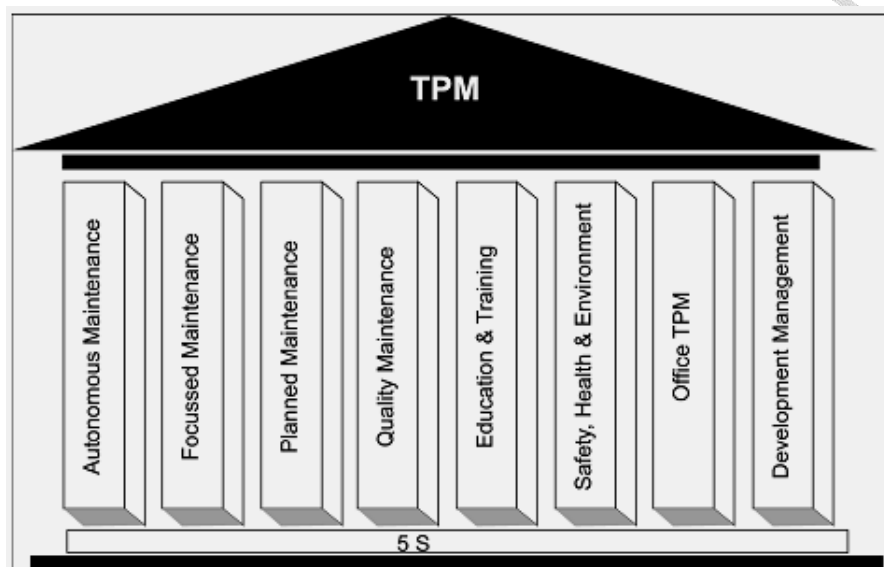
Kerugian *penghentian minor* terjadi ketika produksi terganggu oleh malfungsi sementara ketika mesin dalam kondisi beroperasi. Penghentian ini berasal dari kebutuhan akan beberapa penyesuaian (seperti pengencangan baut) ataupun karena kesalahan sensor.

c. Kerugian Karena Kualitas Buruk

Kerugian yang muncul dari produk kualitas buruk dibagi menjadi dua klasifikasi: *Kerusakan Proses* dan *Kerugian Startup*. Kerusakan dalam output seringkali disebabkan oleh kerusakan dalam proses yang terkait dengan kinerja peralatan. Kerusakan proses bisa meliputi masalah produksi kronis dan sporadis yang menghasilkan produk yang tidak bisa diterima (cacat) atau harus dikerjakan kembali (*rework*).

Kerugian *startup* didefinisikan sebagai kerugian waktu (penurunan output) selama tahap awal produksi; dari startup mesin sampai stabilisasi.

Komponen Pilar *Total Productive Maintenance*



Gambar 57. Delapan pilar pendekatan untuk implementasi TPM

Aktivitas TPM dapat secara efektif dikelompokkan sebagai berikut:

a. *Autonomous Maintenance* (Pemeliharaan Otonom)

Pemeliharaan Otonom (*autonomous maintenance*) membutuhkan keterlibatan proaktif dari operator untuk menghilangkan percepatan kerusakan peralatan, yaitu lewat pembersihan, pengawasan, pengumpulan data, dan melaporkan kondisi serta masalah peralatan kepada staf *maintenance*. Lebih jauh, operator harus berupaya untuk mengembangkan sebuah pemahaman yang lebih dalam tentang peralatan sehingga akan meningkatkan keahlian operasionalnya. *Autonomous Maintenance*, yang dijalankan oleh seorang operator, atau anggota tim bagian kerja manufaktur, bisa membantu mempertahankan reliabilitas mesin tetap tinggi, biaya operasional rendah, dan kualitas komponen produksi tinggi. Informasi yang dikumpulkan oleh operator bisa membantu pengukuran efektivitas peralatan keseluruhan.

b. Kaizen

Pada dasarnya *kaizen* adalah perbaikan kecil (*small improvements*), tetapi dilaksanakan berkesinambungan dan melibatkan semua orang di dalam organisasi dengan tujuan kepuasan pelanggan. Berdasarkan definisi tersebut, maka dapat dikatakan bahwa Kaizen lebih menitikberatkan pada proses bukan pada hasil akhir. Dengan demikian perbaikan atau pembaharuan dapat dilakukan secara terus menerus dan melibatkan seluruh pihak di dalam organisasi. Jika titik berat pada hasil akhir, maka perbaikan atau pembaharuan yang dilakukan hanyalah sesaat dan hanya melibatkan pihak-pihak yang erat kaitannya dengan pengendalian kinerja. Prinsip dasar Kaizen adalah dengan proses yang baik, maka kinerja yang diperoleh pun akan lebih baik pula. Pengendalian kinerja dilakukan Kaizen secara tidak langsung, yaitu melalui pengendalian proses. Pengendalian proses dapat mencegah terjadinya pengerjaan ulang dengan demikian lebih menghemat biaya.

Autonomous Maintenance

a. Pengertian Autonomous Maintenance

Pemeliharaan otonom merupakan kegiatan yang dirancang untuk melibatkan operator dengan sasaran utama untuk mengembangkan pola hubungan antara manusia, mesin, dan tempat kerja yang bermutu. Pemeliharaan otonom dirancang untuk melibatkan operator dalam merawat mesinnya sendiri. Kegiatan tersebut meliputi pembersihan, pelumasan, pengencangan baut, pengecekan harian, pendeteksian penyimpangan dan reparasi sederhana.

Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengembangkan kemampuan operator dalam mendeteksi berbagai kerugian (*loss*). Selain itu untuk menciptakan tempat kerja yang rapi dan bersih, sehingga setiap penyimpangan dari kondisi normal dapat dideteksi dengan cepat.

b. Langkah dalam *Autonomous Maintenance* (Tabel 9)

Tabel 9. Langkah Pengembangan *Autonomous Maintenance*
(Nakajima, 1988)

Langkah	Aktivitas
1. Pembersihan awal	Membersihkan debu dan kotoran pada peralatan; pelumasan dan pengencangan; mengamati dan memperbaiki kerusakan
2. Pengambilan tindakan pada sumber masalah	Mencegah penyebaran penyebab debu dan kotoran; memperbaiki atau memodifikasi bagian yang sulit dijangkau untuk dibersihkan dan dilumasi; mengurangi waktu pembersihan dan pelumasan
3. Standarisasi pembersihan dan pelumasan	Membuat standarisasi pengurangan waktu untuk kegiatan pembersihan, melumasi dan pengencangan (menetapkan harian dan tugas berkala)
4. Inspeksi menyeluruh	Memberikan instruksi untuk mengikuti inspeksi manual; seluruh anggota mengamati dan memperbaiki kerusakan kecil pada peralatan
5. Inspeksi otonomi	Penggunaan dan pengembangan <i>cheeksheet</i> inspeksi otonomi
6. Pengorganisasian	Menetapkan standar pengontrolan tempat kerja perorangan; membuat sistematis kontrol pemeliharaan secara menyeluruh <ul style="list-style-type: none"> • Standar inspeksi untuk pembersihan dan pelumasan • Standar pembersihan dan pelumasan pada tempat kerja • Standar untuk pencatatan data • Standar untuk pemisahan dan pemeliharaan alat
7. Pemeliharaan otonom penuh	Pengembangan kebijakan dan tujuan perusahaan selanjutnya; meningkatkan tingkat keteraturan aktivitas mencatat hasil analisa MTBF dan mendesain alat ukur yang sesuai

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan *autonomous maintenance*:

a. *Planned Maintenance*

Planned maintenance adalah pemeliharaan yang diorganisasi dan dilakukan dengan pemikiran jauh ke depan, yang menyangkut juga masalah pengendalian dan pencatatan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan yang diharapkan dapat menjamin ketelitian peralatan produksi, sehingga tujuan yang diinginkan dapat dicapai.

b. *Quality Maintenance*

Aktivitas *quality maintenance* ditujukan untuk merencanakan sistem pemeliharaan yang menyediakan produk berkualitas tinggi dan bebas dari cacat. Nilai-nilai yang didapatkan dari *quality maintenance* adalah dapat meramalkan berbagai kemungkinan cacat yang terjadi dan selanjutnya memperbaiki untuk mencegah kemungkinan tersebut. Target yang ingin dicapai dalam *quality maintenance* ini adalah mengurangi keluhan konsumen, mengurangi kerusakan proses, dan mengurangi biaya kualitas.

c. *Training*

Komponen ini mendukung semua komponen TPM lain dengan memastikan bahwa pegawai memiliki pengetahuan dan keahlian yang dibutuhkan untuk menjalankan tugas terkait TPM. Selain itu komponen ini diarahkan untuk mempunyai karyawan dengan berbagai kemampuan dan memiliki moral yang tinggi, yang mempunyai semangat untuk datang bekerja dan melaksanakan semua fungsi yang diperlukan secara efektif.

d. *Office TPM*

Komponen ini dilakukan setelah menjalankan empat komponen TPM yang lain (*Autonomous Maintenance, Kaizen, Planned Maintenance, Quality Maintenance*). Pada dasarnya kantor TPM dilakukan guna meningkatkan produktivitas dan efisiensi di dalam kegiatan administratif yang berfungsi mengidentifikasi dan menghapuskan kerugian untuk mendukung kegiatan operasi manufaktur.

e. *Safety, Health, and Environment*

Keamanan, kesehatan dan keselamatan kerja merupakan salah satu komponen dari TPM. Target yang ingin dicapai dalam elemen ini adalah: *zero accident, zero health damage, dan zero fires*.

16.3. Keuntungan *Total Productive Maintenance*

Implementasi program *Total Productive Maintenance (TPM)* memiliki keuntungan tambahan dalam memperbaiki kualitas produk, yang mengurangi biaya pengerjaan kembali dan meningkatkan kepuasan konsumen (karena kualitas unggul yang konsisten). Adapun keuntungan yang bisa dirasakan ketika perusahaan secara sukses mengimplementasikan program TPM (Hamacher: 1996), antara lain:

a) **Peningkatan Produktivitas**

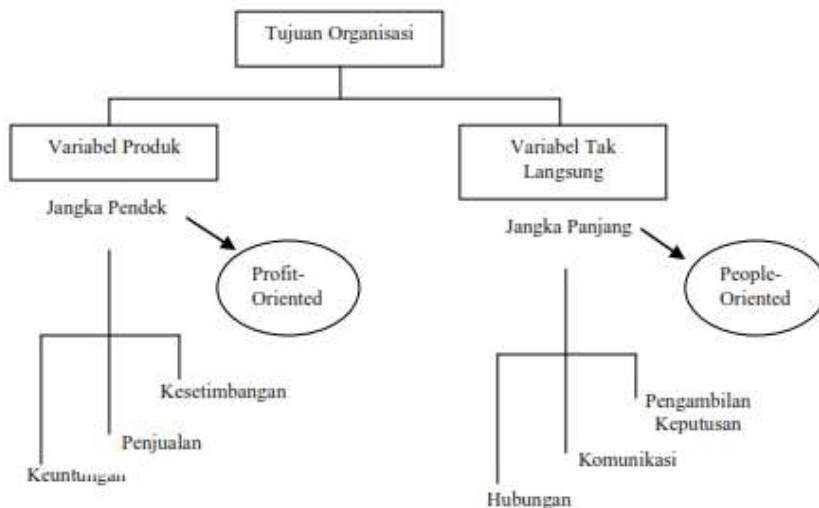
Penghapusan *downtime* yang tidak terjadwal dan pengerjaan kembali membuat organisasi menghabiskan waktu yang lebih banyak pada tugas nilai tambah, seperti menghasilkan komponen yang bagus. Peningkatan dalam produktivitas bisa berlaku bukan hanya untuk peralatan, tapi untuk orang yang bekerja dalam sistem manufaktur. Pekerja produksi tidak lagi harus diminta untuk menunggu ketika peralatan sedang diperbaiki, dan staf *maintenance* tidak lagi perlu menghentikan analisis *maintenance* dan peralatan ketika harus berkumpul untuk memperbaiki peralatan yang rusak.

Sebuah program TPM yang efektif juga menghasilkan pendekatan yang memfokuskan pada pengurangan setup peralatan dan perubahannya setiap waktu. TPM bisa memudahkan perubahan proses setup peralatan yang nantinya bisa memudahkan setup konfigurasi produk selanjutnya ketika peralatan masih dijalankan pada produk yang ada.

Hasil dokumentasi dari implementasi TPM meliputi produktivitas peralatan yang meningkat dari 50%-80% (Robinson dan Ginder: 1995 dalam Hamacher: 1996), waktu nilai-tambah per orang yang meningkat sebesar 100%-150%, produktivitas kerja yang meningkat sampai 150% (Nakajima:1989 dalam Hamacher:1996), dan waktu *setup* yang menurun sekitar 50%-70% (Masaaki:1986 dalam Hamacher:1996).

Pencapaian produktivitas yang tinggi tidak hanya dipengaruhi oleh variabel produk yang berorientasi kepada profit namun juga dipengaruhi

oleh variabel tidak langsung yang berorientasi kepada sumber daya manusia. Sehingga diharapkan tujuan organisasi bisa tercapai melalui hasil/output dari usaha dan kondisi kerjanya (Gambar 58).



Gambar 58. Tujuan organisasi melalui kegiatan pemeliharaan

b) Reduksi Biaya *Maintenance*

Perubahan peran *maintenance* dari perbaikan *breakdown* sampai perbaikan proaktif memudahkan organisasi untuk mengurangi biaya *maintenance* keseluruhan. Implementasi *autonomous maintenance* dari TPM dapat memudahkan staf *maintenance* untuk memfokuskan pada perbaikan peralatan secara proaktif, analisis kinerja peralatan, dan penyederhanaan praktik *maintenance* yang ada. Transisi tanggung jawab ini membutuhkan sebuah tim manajemen yang memfokuskan pada hasil potensial dari peningkatan *maintenance*, daripada memfokuskan pada penghematan biaya dengan cara mengurangi staf *maintenance*. Beberapa keuntungan tambahan dari penggunaan peralatan secara lebih efisien, yaitu reduksi biaya energi. Meskipun keuntungan dari reduksi konsumsi energi tidak bisa meningkat, masih ada beberapa reduksi dalam biaya manufaktur keseluruhan.

Keuntungan yang diterima perusahaan yang sangat sukses mengimplementasikan program TPM, yaitu: reduksi pengeluaran *maintenance* sebesar 40%, energi yang dicadangkan sebesar 30%, dan reduksi pekerjaan *maintenance* sebesar 60% (Nakajima, 1989 dalam Hamacher, 1996).

c) Reduksi Persediaan

Berbagai organisasi manufaktur yang menggunakan peralatan yang tidak handal (reliabel) harus memiliki sebuah stok besar barang jadi yang sebenarnya tidak perlu dan ini digunakan hanya untuk memenuhi kebutuhan konsumen ketika peralatan tidak beroperasi. Semakin tidak reliabel peralatan, semakin besar stok barang jadi tersebut. Jika lini produksi tertentu berisi peralatan yang tidak reliabel, persediaan *work-in-process* harus lebih tinggi daripada yang diinginkan untuk menampung ketidakpastian kinerja peralatan.

Mengimplementasikan sebuah program TPM akan menghilangkan banyak ketidakpastian dan waktu siklus sistem produksi. Sekali lagi, ketidakpastian dalam kinerja peralatan bisa membutuhkan persediaan ekstra. Lewat rencana reliabilitas, pengumpulan data dan analisisnya, staf *maintenance* dapat mengembangkan sebuah estimasi akurat dari komponen yang dibutuhkan dan frekuensi penggunaannya. Dengan menjalankan TPM memudahkan teknisi *maintenance* untuk menjalankan analisis yang dibutuhkan untuk mengoptimalkan kebijakan persediaan komponen.

Perusahaan yang menjalankan TPM mampu meningkatkan tingkat perubahan persediaan sebesar 200% (Nakajima, 1989 dalam Hamacher, 1996), level persediaan berkurang sebesar 35%, dan mengurangi biaya komponen sebesar 20%-30% (Robinson dan Ginder, 1995 dalam Hamacher, 1996).

d) Peningkatan Keamanan

Langkah awal dalam menjalankan aktivitas *autonomous maintenance* dari TPM bisa menciptakan sebuah lingkungan yang dapat meningkatkan kadar kecelakaan. Ini adalah hasil tindakan operator peralatan dalam tugas *maintenance* tambahan yang tidak dipahaminya, yang mana karena mereka tidak dilatih secara efektif. Karena tugas ini bersifat baru bagi operator dan seringkali melibatkan aktivitas berbahaya,

ancaman baru muncul terhadap keselamatan operator. Karena itu, memastikan keselamatan operator harus menjadi sebuah fungsi primer dari rencana implementasi TPM. Ini membutuhkan pelatihan yang ekstensif dimana hal ini membantu operator untuk memiliki kemampuan yang lebih banyak dalam mengurangi bahaya potensial dari peralatan. Keselamatan semua individu yang terlibat dengan peralatan ini harus menjadi prioritas utama dari berbagai program TPM yang ada.

Keuntungan dari peningkatan keselamatan dalam TPM memudahkan beberapa perusahaan untuk mengurangi kecelakaan sampai ukuran nol atau *zero accidents* (Nakajima: 1989 dalam Hamacher: 1996). Keuntungan lainnya dari program TPM adalah bahwa polusi seringkali berkurang karena peralatan menjadi lebih efisien, yang bisa meningkatkan kadar keselamatan sampai mencakup komunitas sekitarnya.

e) Peningkatan Moral

Keuntungan akhir yang dibahas di sini adalah moral pegawai. Seperti dengan adanya perubahan dalam tempat kerja, keuntungan ini berkaitan dengan beberapa gangguan dalam implementasi TPM, meski begitu, ini tidak sepenuhnya menjadi hal negatif. Karena TPM menggunakan tim pegawai untuk membentuk rencana implementasi dan untuk menyebarkan rencana tersebut dengan didukung oleh manajemen dan peningkatan level kontrol serta rasa kepemilikan seputar peralatan. Kepemilikan ini memudahkan operator untuk lebih bangga dengan peralatannya dan membuat keputusan penting tentang bagaimana cara terbaik untuk menjalankan peralatan ini.

Teknisi *maintenance* sekarang memiliki waktu untuk menjalankan analisis peralatan, bekerja sama dengan desainer peralatan, dan mengerjakan tugas teknis yang menantang. Staf *maintenance* tidak perlu lagi merasakan penurunan dalam pekerjaannya karena tugas *maintenance* rutin ini diberikan kepada operator. Ini dijalankan sebagai sebuah peralihan kepada aktivitas *maintenance* yang lebih proaktif seperti pekerjaan untuk meningkatkan kebutuhan *preventive maintenance* bagi peralatan. Perubahan ini juga membutuhkan dukungan manajemen untuk memudahkan staf *maintenance* untuk mengembangkan keahliannya dalam area terkait.

16.4. Kinerja Perusahaan

Kinerja merupakan catatan hasil dari fungsi pekerjaan secara spesifik, aktivitas ataupun tingkah laku selama periode tertentu. Dengan kata lain kinerja perusahaan adalah jumlah atau rata-rata hasil pada suatu fungsi pekerjaan dalam suatu perusahaan. Ada beberapa cara untuk mengukur kinerja perusahaan. Meski begitu, pendekatan yang paling dominan dalam literatur adalah menggunakan *cost* (biaya), *quality* (kualitas), *delivery* (pengiriman), dan *flexibility* (fleksibilitas) sebagai empat dimensi dasar dari kinerja perusahaan. Di beberapa studi, dimensi ini diperluas untuk mencakup beberapa ukuran tambahan. Empat dimensi dasar tersebut dipertimbangkan dalam hal ini karena perusahaan adalah yang paling berkepentingan dengan ukuran ini. Penggunaan empat dimensi dasar untuk mengukur kinerja perusahaan tersebut didasarkan pada studi yang menunjukkan kegunaan terbaru dalam strategi manufaktur dan pengukuran kinerja perusahaan.

Lima Unsur dalam TPM

TPM telah dilukiskan sebagai satu strategi pabrikasi yang berisikan dari langkah berikut (Nakajima, 1988):

- a. Memaksimalkan efektivitas alat-alat perlengkapan melalui optimisasi dari availabilitas alat-alat perlengkapan, kinerja, efisiensi mutu dan produk
- b. Menciptakan strategi pemeliharaan pencegahan untuk jalan kehidupan dari seluruh alat-alat perlengkapan
- c. Meliputi semua departemen seperti perencanaan, operator dan departemen pemeliharaan
- d. Melibatkan semua anggota yang terorganisir dari mulai manajemen teratas sampai ke rantai pekerja, dan
- e. Meningkatkan pemeliharaan melalui otonomi aktivitas grup kecil

Kata “total” pada “*Total Productive Maintenance*” mempunyai tiga arti yang mendeskripsikan fitur terpenting dari TPM berkaitan dengan 5 unsur TPM diatas:

- a. Efektivitas total pencapaian tujuan pada efisiensi ekonomi atau profitabilitas.

- b. Sistem pemeliharaan total meliputi *maintenance prevention* (MP) dan *maintainability improvement* (MI) seperti halnya *preventive maintenance*
- c. Keikutsertaan total semua karyawan meliputi pemeliharaan otonomi oleh operator melalui aktivitas grup kecil.

Enam Kerugian Utama (*Six Big Losses*) (Tabel 10)

Pengurangan kehilangan *downtime* yang meningkatkan ketersediaan, kehilangan kecepatan meningkatkan tingkat kinerja dan kerugian cacat meningkatkan tingkat kualitas.

Tabel 10. *Six Big Losses* (Enam Kerugian Utama)

<i>Downtime losses</i>	1. <i>Failures: losses caused by unexpected breakdowns</i>
	2. <i>Set-up and adjustments: losses due to actions such as exchanging dies in press and plastic injection machines</i>
<i>Speed losses</i>	3. <i>Idling and minor stoppages: losses caused by the operation of sensors and by blockages of work on shutes</i>
	4. <i>Reduced speed: losses caused by the discrepancies between designed speed and actual speed of the equipment</i>
<i>Defect losses</i>	5. <i>Defects in process: the production of defects and the reworking of defects</i>
	6. <i>Reduced yield: losses that occur between the start up of a machine and stable production</i>

Motto “5-S” dalam TPM

Di dalam pemeliharaan terdapat dua kegiatan mendasar, yaitu pembersihan dan pemeriksaan. Dimana pelaksanaan kedua aktivitas tersebut harus didasari motto “5-S” (Nakajima, 1988), antara lain yaitu:

- a. *Seiri* yang berarti ringkas
Kegiatan memisah-misahkan segala sesuatu yang benar-benar diperlukan dan kemudian menyingkirkan yang tidak diperlukan dari tempat kerja
- b. *Seiton* yang berarti rapi
Merupakan penetapan tata letak peralatan dan perlengkapan sehingga segalanya selalu siap pada saat diperlukan

- c. *Seiso* yang berarti bersih
Memeriksa secara hati-hati untuk kemudian menyingkirkan segala sesuatu yang tidak semestinya di tempat kerja sehingga kondisi tempat kerja selalu dalam keadaan bersih
- d. *Seiketsu* yang berarti rawat
Mempertahankan hasil-hasil yang telah dicapai pada 3-S sebelumnya dengan membakukannya dalam suatu pengendalian
- e. *Shitsuke* yang berarti rajin
Membina disiplin atau kebiasaan pribadi karyawan

16.5. Tahap Implementasi TPM

Terdapat 12 tahapan dalam mengimplementasikan TPM (Nakajima, 1988)

- a) Tahap Persiapan
 - Top management mengumumkan keputusan untuk memperkenalkan TPM
 - Mengadakan pembelajaran dan kampanye dalam rangka pengenalan TPM
 - Membentuk organisasi untuk mengembangkan TPM
 - Menetapkan kebijakan dan tujuan dasar TPM
 - Membuat jadwal induk untuk lebih mengembangkan TPM
- b) Tahap Implementasi Persiapan
 - Mulai memegang erat TPM
- c) Tahap Implementasi TPM
 - Meningkatkan efektifitas masing-masing peralatan/mesin
 - Melaksanakan program pemeliharaan otonomi
 - Melaksanakan program pemeliharaan yang dijadwalkan untuk departemen pemeliharaan
 - Mengadakan pelatihan untuk meningkatkan operasional dan keterampilan pemeliharaan
 - Membangun terlebih dahulu program management peralatan
- d) Tahap Pemantapan
 - Menyempurnakan implementasi TPM yang sudah ada dan menaikkan level TPM

16.6. Analisis Risiko Pemeliharaan

Dalam praktiknya pelaksanaan kegiatan pemeliharaan di berbagai macam fasilitas terdapat berbagai macam risiko yang berpotensi untuk terjadi. Oleh karena itu dirasa perlu untuk dilakukan analisis risiko pada proses pemeliharaan peralatan untuk mengidentifikasi, mengukur, dan dari hasilnya tersebut dapat disusun strategi untuk membangun suatu sistem manajemen risiko yang utuh. Kesemuanya tersebut bertujuan untuk memperoleh usulan penanganan serta biaya penanganan untuk setiap risiko yang terjadi pada proses pemeliharaan peralatan fasilitas untuk membantu memberikan strategi peningkatan kinerja pada manajemen pemeliharaan dan optimalisasi alokasi biaya terhadap macam risiko prioritas teratas.

Manajemen risiko merupakan sebuah proses untuk menghadapi risiko, yang meliputi pengidentifikasian dan penganalisaan risiko, mengembangkan strategi penanganan risiko, dan memonitor risiko bagaimana mereka berubah. Diharapkan dari hasil kajian lapangan akan didapat proses prioritas, risiko yang memiliki efek/dampak probabilitas terbesar ditangani terlebih dahulu dan risiko yang memiliki efek/dampak terkecil ditangani paling akhir serta alokasi biaya penanganannya.

Dalam setiap pelaksanaan kegiatan operasional di industri apapun tidak akan lepas dari risiko yang mungkin terjadi. Karena itu, baik manufaktur ataupun jasa perlu dilakukan analisis risiko untuk mengidentifikasi, mengukur, dan dari hasil tersebut dapat disusun strategi untuk membangun sistem manajemen risiko yang utuh. Manajemen risiko merupakan proses untuk menghadapi risiko meliputi pengidentifikasian dan penganalisaan risiko, mengembangkan strategi penanganan risiko, dan memonitor risiko bagaimana mereka berubah-ubah.

Dalam manajemen risiko terdapat proses prioritas, risiko yang memiliki efek/dampak probabilitas terbesar ditangani terlebih dahulu dan risiko yang memiliki efek/dampak terkecil ditangani paling akhir. Tujuannya adalah memperoleh usulan penanganan setiap risiko yang terjadi untuk membantu memberikan peningkatan manajemen pemeliharaan dan optimalisasi alokasi biaya terhadap risiko-risiko prioritas teratas. Hasil rekomendasi dapat dimanfaatkan oleh pihak manufaktur ataupun jasa untuk mengurangi biaya yang dapat timbul akibat kerusakan

yang terjadi pada salah satu peralatan akibat kurang telitinya kegiatan pemeliharaan.

16.7. Metodologi Risiko Pemeliharaan

Tahap pertama dalam analisis risiko ini adalah identifikasi risiko yang dilakukan dalam divisi sarana dan prasarana. Tahapan dalam identifikasi risiko adalah: (a) Wawancara terhadap expert, dan (b) Studi Literatur.

Dari hasil literatur diperoleh beberapa item risiko yang telah dikelompokkan dalam 5 item risiko sebagai berikut: (a) Risiko Personil, (b) Risiko Supplier, (c) Risiko Finansial, (d) Risiko Operasional, dan (e) Risiko Eksternal.

Analisis risiko adalah fase ketika setiap risiko yang telah teridentifikasi dinilai dengan dua cara, yaitu arti dari probabilitas kemunculan risiko (Tabel 11) dan kemudian estimasi dampak dari risiko yang spesifik jika risiko tersebut muncul. Input pada tahapan analisis risiko ini adalah daftar risiko yang didapatkan dari tahapan identifikasi risiko. Sedangkan output yang diharapkan dari tahapan ini adalah tingkatan dari setiap risiko. Metode yang digunakan pada fase analisis risiko ini adalah dengan metode kuesioner untuk para ahli.

Tabel 11. Kriteria Probabilitas

Probabilitas	Skala	Deskripsi
Sangat Rendah	1	Risiko terjadi hanya pada saat atau keadaan tertentu saja. Probabilitas terjadinya risiko sebesar 0 – 5%
Rendah	2	Risiko ini mungkin akan terjadi tetapi tidak diperkirakan akan terjadi. Probabilitas terjadinya risiko sebesar 6 – 20%
Medium	3	Risiko ini diperkirakan mungkin terjadi pada suatu waktu. Probabilitas terjadinya risiko 21 – 50%
Tinggi	4	Risiko ini pasti akan terjadi minimal satu kali dalam satu bulan. Probabilitas terjadinya risiko sebesar 51 – 90%.

(Sumber: *A Risk Register database System to Aid The Management of Project Risk*)

Kuesioner yang telah dibuat kemudian dibagikan kepada responden yang diwawancarai pada tahap identifikasi. Alokasi angka-angka kemungkinan dan dampak dari risiko yang biasanya digunakan bisa menggunakan penilaian probabilitas dampak sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 12:

Tabel 12. Penilaian Probabilitas dan Dampak Analisis Risiko

Kategori	Probabilitas	Level	Dampak
5	Almost Certain	16	Catastrophic
4	Likely	8	Major
3	Moderate	4	Moderate
2	Unlikely	2	Minor
1	Rare	1	Insignificant

(Sumber: *Managing Risk in Organization: A Guide for Manager*, 2002)

Setelah mengetahui alokasi nilai untuk dampak dan probabilitas, maka nilai risiko didapat dari hasil perkalian sebagai berikut:

$$R = (P \times D \times \%R)$$

Dengan:

R = Risiko

P = Probabilitas

D = Dampak

%R = Presentase jumlah responden yang memilih kombinasi jawaban dan dampak tersebut.

Strategi atau metodologi yang dilakukan dalam merespon risiko bertujuan untuk meminimalkan *likelihood* dan *impact* dari risiko yang terjadi. Strategi atau metodologi yang digunakan dalam merespon risiko adalah:

- Mencegah risiko (*Risk Avoidance*)
- Menerima risiko (*Risk Acceptance*)
- Mengurangi risiko (*Risk Mitigation*)
- Memindahtangankan penanggung jawab risiko (*Risk Transfer*)

Tahap selanjutnya dari analisis ini adalah mengidentifikasi Program *Preventive Maintenance*, yaitu pemeliharaan yang dilakukan sebelum terjadinya kerusakan pada fasilitas baik itu kerusakan pada kualitas maupun kuantitas produk yang dihasilkan. Pemeliharaan preventif dimulai bahkan ketika suatu fasilitas mulai dibangun atau dibeli dari vendor, aktivitas awalnya adalah dengan memastikan bahwa pendesainan, pembuatan dan pembelian (spesifikasi) fasilitas tidak menuntut banyak aktivitas pemeliharaan yang diluar batas normal. Pemeliharaan pencegahan bertujuan untuk mencegah kegagalan peralatan yang parah dan juga untuk meningkatkan produktivitas dengan mengurangi *downtime* yang tidak terencana dan juga kerusakan peralatan.

Pemeliharaan terencana ini memiliki 4 fungsi utama, yaitu:

- a. Membuat jadwal pemeliharaan secara periodik
- b. Membuat dan mengontrol dokumen yang berisi *record service* dan perbaikan seluruh peralatan
- c. Menentukan daur hidup setiap peralatan
- d. Mengidentifikasi *parts* yang kritis, menentukan tingkat inventori dan mengontrol setiap *spare part*.

REFERENSI

- Al-Turki, U. 2011. *A Framework for Strategic Planning in Maintenance*, Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 17, No. 2, pp. 150-162.
- Ansori, N., dan Mustajib, M.I. 2014. *Sistem Perawatan Terpadu: Teknik dan Aplikasi Keandalan*.
- Blanchard, Benjamin S., Wolter J, Fabrycky. 1981. *Systems Engineering and Analysis*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall Inc.
- Blischke, W.R. dan Murthy, D. N. P., 2000. *Reliability: Modeling, Prediction and Optimization*. John Wiley-Interscience Publication
- C. Kister, Timothy dan Hawkins, Bruce. 2006. *Maintenance Planning and Scheduling: streamline your organization for a lean environment*. Elsevier Science & Technology Books.
- Crespo Marquez, Adolfo. 2007. *The Maintenance Management Framework: models and methods for complex systems maintenance*. Springer-Verlag London Limited.
- Duffua, S.O., Raouf. A., dan Campbell, J.D., 1999. *Planning and Control Maintenance Systems*, John Wiley & Sons.
- Duffua, S.O., dan Raouf, A., 2015. *Planning and Control of Maintenance Systems: modelling and analysis*. Springer International Publishing Switzerland 2nd edition.
- Ebeling, C.E., 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. McGraw-Hill International Edition.
- F.D. Patterson, K. Neailey. 2002. *A Risk Register Database System to aid the management of project risk*. International Journal of Project Management 20 (2002) 365–374.

- Frame, J. Davidson. 2003. *Managing risk in organizations : a guide for managers*. Published by Jossey-Bass A Wiley Imprint, 989 Market Street, San Francisco, CA.
- Hamacher, E.C. (1996). *A Methodology for Implementing Total Productive Maintenance in the Commercial Aircraft Industry*.
- Jardine, A.K.S., 1973. *Maintenance, Replacement, and Reliability*, Pittman Publishing Corporation, Canada.
- Johnson, P. Dale. 2002. *Principles of Controlled Maintenance Management*. The Fairmont Press, Inc.
- Kelly, Anthony. 2006. *Strategic Maintenance Planning*. Elsevier Ltd.
- Murthy, D.N.P., Atrens, A., dan Eccleston, J.A. 2002. *Scientific Maintenance Management*, Journal of Quality and Maintenance Engineering, Vol. 8, No. 4, pp. 287-305.
- Nakajima, Seiichi., 1989, *TPM Development Program: Implementing Total Productive Maintenance*.
- , 1988, *Introduction To TPM: Total Productive Maintenance*.
- Robert, J. (1997). *Total Productive Maintenance*. Department of Industrial and Engineering Technology, Texas.
- Sugiyono. 2015. *Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pendidikan/ir-sugiyono-mkes/>. Diakses 16 Juli 2018.
- TPM Club India. *Jishu Hozen Manual*. Japan Institute of Plant Manual.

GLOSARIUM

Autonomous Maintenance

Adalah pemeliharaan yang membutuhkan keterlibatan proaktif dari operator untuk menghilangkan percepatan kerusakan peralatan, yaitu lewat pembersihan, pengawasan, pengumpulan data, dan melaporkan kondisi serta masalah peralatan kepada staf *maintenance*

Maintenance

Seringkali digunakan dan diartikan sebagai pemeliharaan atau perawatan. Pemeliharaan atau perawatan merupakan konsep aktivitas yang diperlukan untuk menjaga kualitas mesin agar dapat berfungsi dengan baik seperti kondisi normalnya

Replacement

Penggantian komponen dilakukan pada seluruh atau sebagian (*part*) dari sistem yang perlu dilakukan penggantian karena tingkat utilitas mesin atau keandalan fasilitas produksi berada pada kondisi kurang baik

Opportunity Maintenance

Pemeliharaan peluang dilakukan ketika terdapat kesempatan saat mesin sedang *shut down*. Pemeliharaan peluang bertujuan agar tidak terjadi waktu menganggur (*idle*) baik oleh operator maupun petugas pemeliharaan

Overhaul

Merupakan pengujian dan perbaikan secara menyeluruh pada beberapa atau sebagian besar komponen sampai pada kondisi normal yang dapat diterima

Preventive Maintenance

Merupakan pemeliharaan yang dilakukan secara terencana untuk mencegah terjadinya potensi kerusakan

Shutdown Maintenance

Merupakan kegiatan pemeliharaan yang hanya dapat dilaksanakan pada saat fasilitas produksi sengaja dimatikan atau dihentikan

Design Modification

Pemeliharaan dilakukan pada sebagian kecil peralatan agar tercapai pada kondisi yang dapat diterima, dengan perbaikan pada tahap pembuatan dan penambahan kapasitas

Corrective Maintenance

Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada peralatan karena tidak dapat berfungsi dengan baik

Fault Finding

Merupakan tindakan pemeliharaan dalam bentuk pengecekan untuk mengetahui tingkat kerusakan

Condition-Based Maintenance

Pemeliharaan berbasis kondisi dilakukan dengan cara memantau kondisi parameter kunci atau yang menjadi inti dari peralatan yang akan mempengaruhi kondisi peralatan

Shutdown Maintenance

Kegiatan pemeliharaan ini hanya dilakukan ketika fasilitas produksi sengaja dihentikan. Pemeliharaan penghentian merupakan pemeliharaan yang terencana dan terjadwal yang memusatkan pada pengelolaan periode penghentian fasilitas produksi

Analisis Keandalan

Kualitatif: bertujuan untuk memverifikasi berbagai kerusakan dan kontribusi yang menyebabkan terhadap ketidakandalan peralatan

Kuantitatif: menggunakan data kerusakan dan model matematis yang sesuai untuk mengevaluasi keandalan peralatan

Fungsi Keandalan

Keandalan merupakan probabilitas kinerja dari sistem atau alat untuk memenuhi fungsi-fungsi yang diharapkan dalam selang waktu tertentu. Sedangkan fungsi keandalan adalah suatu fungsi matematis yang menggambarkan fungsi kerusakan.

Kerusakan

Karakteristik kerusakan pada peralatan umumnya tidak sama meskipun dioperasikan pada waktu yang bersamaan, karakteristik yang sama akan memberikan selang waktu terjadinya kerusakan yang berbeda

Fungsi Padat Probabilitas

Kegiatan pemeliharaan digunakan fungsi padat probabilitas karena kerusakan komponen tergantung pada variabel waktu dari fungsi padat probabilitas antara selang waktu tertentu

Fungsi Distribusi Kumulatif

Adalah probabilitas kerusakan yang merupakan probabilitas terjadinya kerusakan sebelum waktu tertentu, secara matematis

Laju Kerusakan

Adalah probabilitas banyaknya komponen yang mengalami kerusakan setiap waktu, bila komponen sejenis dioperasikan secara bersama

Random Failure

Kegagalan yang terjadi pada item yang berjalan normal ditandai dengan laju kegagalan konstan

Wear-Out Failure

Kegagalan yang terjadi pada usia kegunaan tertentu yang ditandai dengan laju kerusakan yang semakin meningkat yang menuntut segera dilakukan penggantian sebagian alat atau keseluruhan dengan yang baru

Mean Time To Failure (MTTF)

Keandalan untuk suatu sistem seringkali dinyatakan dalam bentuk angka yang menyatakan ekspektasi masa pakai sistem atau alat tersebut, yang

dinotasikan dengan $E [T]$, hanya digunakan pada komponen atau alat yang sering sekali mengalami kerusakan dan harus diganti dengan komponen atau alat yang masih baru atau baik

Mean Time To Repair (MTTR)

Adalah rata-rata waktu komponen untuk dilakukan perbaikan atau pemeliharaan, didasarkan atas lamanya perbaikan dan penggantian komponen yang mengalami kerusakan

Mean Time Between Failure (MTBF)

Adalah suatu ukuran seberapa andal suatu produk atau komponen (rata-rata waktu antar kerusakan)

Risiko Potensial

Adalah suatu kejadian yang tidak dikehendaki dengan dampak negatif terhadap suatu sistem/operasi. Risiko potensial dapat berakibat terjadinya suatu kerusakan yang pada akhirnya menyebabkan suatu bahaya

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)

Merupakan metode yang bertujuan untuk mengevaluasi desain sistem dengan mempertimbangkan bermacam-macam jenis kegagalan dari sistem yang terdiri dari komponen-komponen, menganalisa pengaruh-pengaruh terhadap keandalan sistem dengan penelusuran pengaruh-pengaruh kegagalan komponen sesuai dengan level item-item khusus dari sistem yang kritis dapat dinilai dan tindakan yang diperlukan untuk memperbaiki desain dan mengeliminasi atau mereduksi probabilitas dari metode-metode kegagalan yang kritis

Root Cause Analysis (RCA)

RCA digunakan untuk mengevaluasi struktur yang diidentifikasi dari akar penyebab (*root cause*) untuk menghasilkan keadaan agar penyebab tersebut tidak terulang kembali

Fault Tree Analysis (FTA)

FTA adalah salah satu teknik yang dapat diandalkan, dimana kegagalan yang tidak diinginkan, diatur dengan cara menarik kesimpulan dan

dipaparkan dengan gambar, diagram yang digunakan untuk mendeteksi adanya gejala supaya mengetahui akar penyebab suatu masalah, dimulai dari kejadian puncak TOP (puncak)

Total Productive Maintenance (TPM)

TPM adalah suatu konsep program tentang pemeliharaan yang melibatkan seluruh pekerja melalui aktivitas grup kecil; suatu program pemeliharaan yang melibatkan suatu gambaran konsep untuk pemeliharaan peralatan dan pabrik dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas serta pada waktu yang sama dapat meningkatkan kepuasan kerja dan moril karyawan